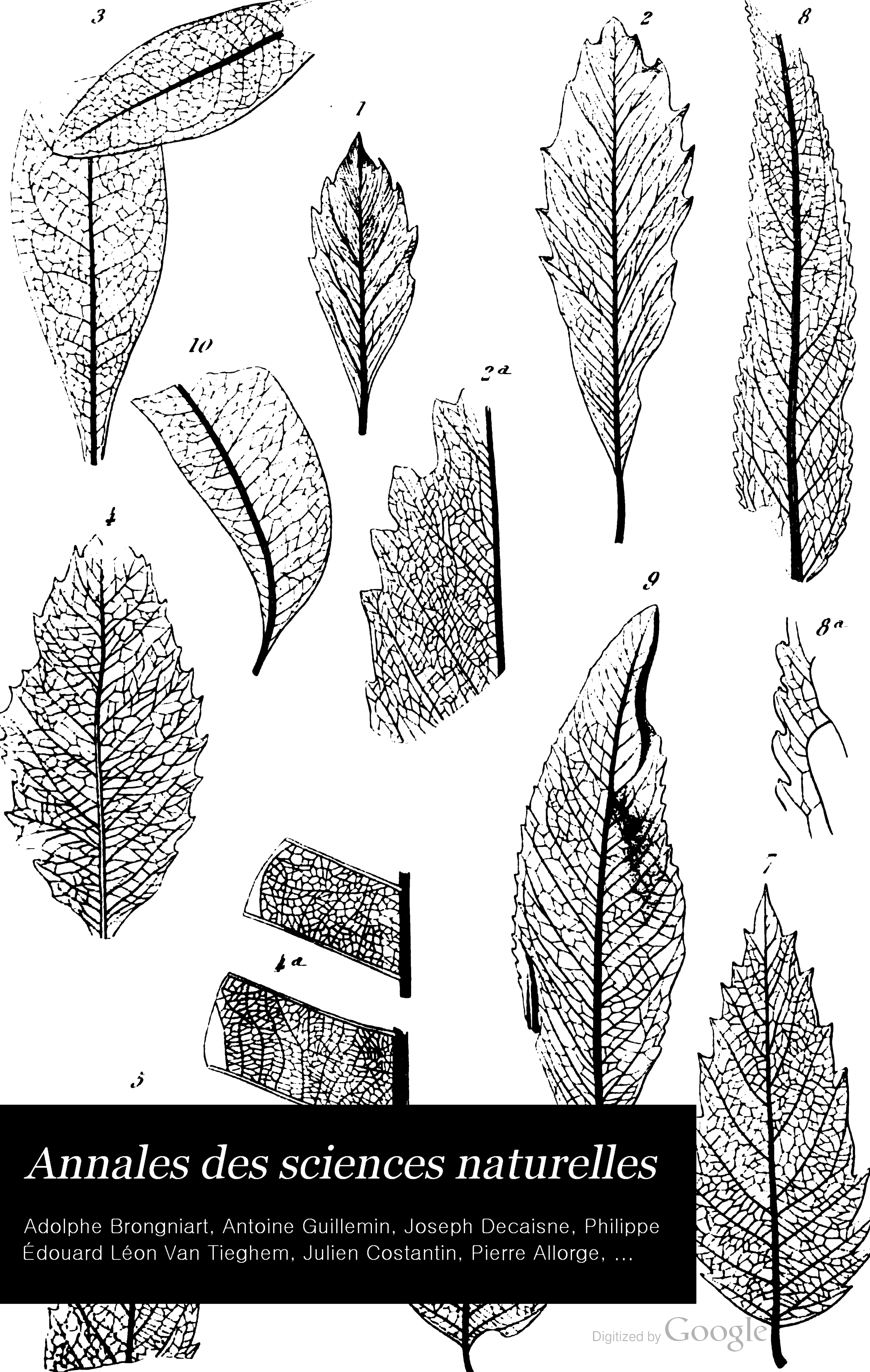


Annales des sciences naturelles

Adolphe Brongniart, Antoine Guillemin, Joseph Decaisne, Philippe Édouard Léon Van Tieghem, Julien Costantin, Pierre Allorge, ...

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

SEPTIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

19067. — Imprimeries réunies, A, rue Mignon 2, Paris.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

SEPTIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE, LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. PH. VAN TIEGHEM

TOME DIXIÈME

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Boulevard Saint-Germain et rue de l'Éperon
En face de l'École de médecine
1889

DERNIÈRES ADJONCTIONS

A LA

FLORE FOSSILE D'AIX-EN-PROVENCE

Par M. G. DE SAPORTA

DESCRIPTION DES ESPÈCES — 2e PARTIE

DICOTYLEÆ

Les Dicotylées fossiles de la flore d'Aix, à la suite des explorations réitérées dont le gisement a été l'objet, accusent le même accroissement relatif que les autres catégories végétales. Le Supplément que nous publions porte le nombre total de leurs espèces à plus de trois cents. Ce chiffre est même dépassé de beaucoup si l'on fait entrer en ligne de compte les organes indéterminés : feuilles, fleurs, calices, inflorescences, fruits ou graines, dont l'attribution générique ne saurait être fixée que d'une façon approximative.

Certains groupes de Dicotylées, au temps des gypses d'Aix, jouissaient d'une prépondérance véritable : les Myricées, les Quercinées, les Laurinées, dans les Apétales; les Composées, Myrsinées, Diospyrées, Éricacées et Vacciniées, dans les Gamopétales; les Araliacées, Anacardiacées, Célastrinées, pardessus tout les Légumineuses, dominaient alors et accentuaient les masses du paysage. On manquerait à l'exactitude en n'insistant pas sur d'autres types dont la présence moins fréquente contribuait pourtant à la physionomie de l'ensemble. Tels étaient, par exemple : les *Nerium*, *Catalpa*, *Magnolia*, *Cedrela*, *Ailantus*, *Zizyphus*, etc., et en première ligne les *Acacia* et *Mimosa* que l'Europe méridionale a perdus et qui faisaient

partie de la flore d'Aix à titre d'éléments essentiels. Il est également certain que des Nymphéacées variées, représentées par des formes de petite taille, peuplaient de leurs colonies les eaux tranquilles. — Il n'est pas moins établi que sur l'arrière-plan et dans une situation reculée, qu'atteste la constante rareté des débris venus jusqu'à nous, la plupart des types d'arbres demeurés propres à la végétation de l'Europe centrale étaient dès lors introduits au sein de la région, dominée peut-être par des hauteurs boisées.

En effet, à côté des formes végétales, généralement exotiques, que nous venons d'énumérer, les genres *Alnus*, *Betula*, *Ostrya*, *Populus*, *Salix*, *Fraxinus*, *Hedera*, *Acer*, *Pistacia*, *Amygdalus*, *Cercis*, enfin des organes épars qui dénotent l'existence d'herbes rentrant parmi les Chicoracées, les Ombellifères, les Renonculacées, Caryophyllées, Trifoliées, etc., semblent dénoter la présence d'un fonds de végétation, moins éloigné de celui que nous avons actuellement sous les yeux, qu'on ne serait porté à le croire au premier abord, frappé que l'on est par le contraste des richesses d'autrefois avec l'indigence relative de la nature vivante sur les mêmes lieux. En un mot, la flore éocène de Provence aurait été graduellement dépouillée de son opulence première; elle aurait reçu du Nord, à un moment donné, et à plus d'une reprise, un certain nombre de formes et de types, qu'elle ne possédait pas originairement; mais, au total, elle aurait moins changé qu'on ne serait porté à l'admettre à priori, et l'élimination des éléments végétaux, auxquels l'empire avait été longtemps dévolu, aurait été la vraie cause et la raison d'être de l'extension de ceux qui, d'abord obscurs et subordonnés aux premiers, finirent par prendre possession du sol et obtenir à leur tour la prépondérance.

En ce qui touche la détermination des Dicotylées, il existe à l'égard des espèces de cette catégorie, bien des différences et des degrés très divers. Les fruits, les gousses, les samares ou les graines ailées de plusieurs d'entre elles donnent l'assurance d'une attribution légitime. Les feuilles de certaines

autres sont assez nettement caractérisées pour justifier pleinement leur attribution. Il en est beaucoup, il est vrai, de plus douteuses, et la détermination de celles-ci est simplement approximative ou même conjecturale. Vis-à-vis de ces dernières, le temps seul et des études répétées atténueront ce que leur définition présente encore de relativement obscur; mais il faut croire qu'avec le temps on se rapprochera assez de la vérité pour la saisir de plus en plus, en diminuant les chances d'erreur, ramenées enfin dans d'étroites limites.

APETALEÆ

MYRICACEÆ

Myrica L.

Pour mieux faire connaître les formes qui rentrent dans ce groupe dont l'importance était considérable à l'époque des gypses d'Aix, nous complétons les notions précédentes à l'aide de quelques nouveaux échantillons.

(64) Myrica lævigata? Sap., *Révis.*, p. 122; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 24. — Pl. I, fig. 2.

Calcaires marno-crayeux de la partie inférieure.

Nous figurons ici pour la première fois l'échantillon unique et mutilé aux deux extrémités, que nous avons rattaché avec vraisemblance au *Myrica lævigata* de Heer (1), espèce répandue, non seulement en Suisse, mais dans la flore de Manosque et caractéristique de l'aquitanien inférieur. Cependant le réseau veineux paraît ici moins fin et moins complexe que celui des exemplaires de Manosque, bien que d'ailleurs le contour extérieur et la direction des principales nervures semblent annoncer une seule et même espèce.

(1) C'est le *Dryandroides lævigata* Hr., *Fl. tert. Helv.*, II, p. 101, tab. 99, fig. 5-8.

(65) MYRICA AQUENSIS Sap., *Révis.*, p. 123; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 25. — Pl. I, fig. 4-5.

Calcaires de la partie inférieure.

Nous rapportons à cette espèce qui se rapproche sensiblement du *Myrica banksiæfolia* Ung. deux nouveaux échantillons dont l'un fort beau représente une feuille complète (fig. 4), et l'autre la base d'une autre feuille dont la superficie est parsemée de ponctuations caractéristiques (fig. 5).

325. **Myrica elongata** (pl. I, fig. 3).

M. foliis coriaceis, longe linearibus, sensim apice angustatis breviterque apiculatis, margine autem denticulatis; nervis secundariis multiplicibus, obtuse emissis, postea curvatis, venulis flexuosis inter se religatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Nous séparons cette forme, représentée par une belle empreinte, malheureusement incomplète inférieurement, du *Myria angustata* Schimp (1), dont elle se rapproche beaucoup. Le limbe a cependant ici un autre aspect; il est plus longuement linéaire, plus insensiblement atténué vers le haut et terminé par une pointe plus courte. Ce n'est là peut-être qu'une variété qui nous semble surtout comparable au *Myrica hæringiana* Ett.; elle doit être assimilée plus particulièrement encore à une forme de *Myrica* qui a été rencontrée dans les marnes du Trocadéro, sur l'horizon du calcaire grossier supérieur du bassin de Paris.

326. **Myrica iliciformis** (pl. III, fig. 1-2).

M. foliis coriaceis, sat breviter petiolatis, lanceolatis, basi integra in cuneum attenuatis, margine autem dentato-aculeatis; nervis secundariis plurimis, oblique emissis, in dentes decurrentibus; tertiariis oblique flexuosis in reticulum tenue solutis.

(1) Voy. Saporta, *Révis.*, p. 124; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 26, pl. V, fig. 4, et VI, fig. 7.

Calcaires en plaques de la partie moyenne ; quartier de Saint-Hippolyte. Rare.

L'espèce que nous désignons sous le nom de *Myrica iliciformis* est évidemment voisine du *M. ilicifolia* Sap. (1) ; mais elle en diffère assez sensiblement par le sommet moins aigu de ses feuilles, par des veinules plus fines et plus obliquement réticulées dans l'intervalle des secondaires ; enfin par des dents marginales moins nombreuses. Elle a été recueillie dans les calcaires du quartier Saint-Hippolyte, sur le prolongement des lits qui sont inférieurs aux gypses exploités. Des deux feuilles figurées, l'une (fig. 2) est beaucoup plus grande que l'autre ; mais elles présentent toutes deux les mêmes traits caractéristiques.

327. **Myrica dryomorpha** (pl. I, fig. 1).

M., foliis rigide coriaceis, breviter petiolatis, lanceolatis, basi oblique truncatis in cuneum attenuatis, margine acute sæpiusque duplicato-incisis, incisuris aculeatis ; nervis secundariis oblique ramosis in dentes pergentibus ; venulis flexuosis in rete minutulum solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous pensons reconnaître une espèce voisine, mais distincte de notre *Myrica Matheronii* (2) dans la belle empreinte que reproduit notre planche I, figure 1. La feuille est tout à fait intacte ; les détails de la nervation grossie (fig. 1[a]), l'aspect général, le mode de dentelure, la dimension proportionnelle du pétiole rappellent, il est vrai, une de nos précédentes figures (3) ; cependant les caractères que présente le nouvel échantillon sont bien plus tranchés : le pétiole est plus épais ; les incisures marginales sont plus prononcées et souvent

(1) Voy. *Révis.*, p. 126 ; *Ann. sc. nat.*, 5[e] série, t. XVIII, p. 28, pl. VI, fig. 5.

(2) Voy. *Révis.*, p. 128 ; *Ann. sc. nat.*, 5[e] série, t. XVIII, p. 30, pl. VI, fig. 3-4 et 6.

(3) La figure 3 de la planche VI précitée.

accompagnées d'une ou deux supplémentaires ; le limbe est plus étroit, la consistance plus épaisse et plus ferme. Le réseau veineux présente, de son côté, quelques différences : il est plus fin, plus serré, plus complexe que dans le *Myrica Matheronii ;* enfin la nouvelle forme reproduit d'une façon tout à fait frappante le type du *Myrica serrata* Lam., de la région du Cap, avec une consistance plus coriace, Parmi les espèces fossiles, notre *Myrica dryomorpha* doit être rapproché du *M. Græffii* Heer (1), de l'aquitanien suisse (Hohe-Rhonen) et, par l'intermédiaire de celui-ci, mais de bien plus loin, du *Myrica oxydonta* (2), forme curieuse signalée par nous dans la flore de Coumi (Eubée).

328. **Myrica palæomera** (pl. I, fig. 6).

M. amentis? masculis sessilibus, parvulis, ovato-oblongis, squamosis, squamis brevibus rotundatis ad pressim imbricatis constantibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous signalons ici, sans être assuré de l'attribution qui semble pourtant vraisemblable, un petit chaton sessile et nu inférieurement, qui provient des mêmes lits que le *Myrica lævigata* et se trouve composé d'un certain nombre d'écailles imbriquées, courtes et arrondies à leur bord supérieur ; la forme et la disposition de ces écailles me rappellent très bien celles qui caractérisent les chatons mâles des *Myrica* de la section *Faya*.

BETULACEÆ

Notre opinion sur les *Bétulacées* de la flore d'Aix a varié à raison même de l'extrême rareté des documents recueillis concernant cette famille et des difficultés attachées à leur détermination. Plusieurs découvertes successives sont venues

(1) *Fl. tert. Helv.*, III, p. 176, tab. 150, fig. 19-20.
(2) Voy. *Ann. sc. de l'Éc. norm. sup.*, 2e série, t. II, pl. XI, fig. 14.

pourtant éclairer la question d'un jour nouveau et démontrer, ce que nous avions déjà soupçonné, que les deux genres *Alnus* et *Betula* coexistaient dans la flore d'Aix, représentés seulement par des espèces cantonnées à l'écart des plages de l'ancien lac, le long desquelles leurs restes ne furent que très accidentellement entraînés.

L'exclusion d'empreintes de feuilles fabriquées et par conséquent fausses nous avait porté à admettre le rejet du Bouleau signalé en premier lieu (*Betula gypsicola*) et l'attribution à l'*Alnus antiquorum*, comme conséquence de ce rejet, d'une samare parfaitement authentique et des mieux caractérisées, considérée d'abord et avec raison comme ayant appartenu à ce bouleau. Maintenant la présence constatée des divers organes de l'*Alnus antiquorum*, et la découverte d'une seconde samare de *Betula* nous engagent à reprendre les premiers errements, en les complétant de la manière suivante :

Alnus Tournef.

(73) Alnus antiquorum Sap. (ex parte), *Révis.*, p. 129; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 31 (*excl. fructu, saltem samara ad Betulam certissime spectante*). — Pl. I, fig. 7-9, et II, fig. 3-4.

A. foliis petiolatis, breviter ovato-orbiculatis, basi apiceque obtusatis, tenuissime denticulatis denticulis sparsis; nervis secundariis sub angulo aperto emissis, secus marginem curvatis ramosoque religatis ; — amentis masculis gracilibus, breviter pedunculatis, cylindricis, ad apicem ramulorum dense congestis ; — amento fæmineo maturo, sive strobilo breviter pedunculato, ovato-oblongo, e squamis lignescentibus antice incrassatis constante, pedunculo leviter arcuato ; — samaræ nucula compressa, oblonga, basi truncatula, stylo persistente rostrata, utrinque angustissime ala cartilagineo-cincta.

Calcaires de la partie inférieure (rare) et calcaire marneux de la montée d'Avignon (strobile).

La rareté de cette espèce a été longtemps un obstacle à son exacte définition. Cette rareté tient sans doute à ce qu'elle croissait à l'écart, probablement dans de hautes vallées, en sorte qu'il aura fallu une sorte de hasard pour entraîner jusque

dans les eaux du lac quelques-uns de ses débris. Nous possédons pourtant, ce qui n'a pas lieu ordinairement, non seulement les feuilles de cet *Alnus* et ses organes fructificateurs, mais encore ses chatons mâles en place et réunis en fascicule, comme chez les Aunes actuels, à l'extrémité supérieure d'un rameau (voy. pl. II, fig. 3 et 3[a]). Les feuilles, dont il existe deux exemplaires (pl. I, fig. 7 et 9), sont petites, ovales-orbiculaires, munies d'un assez court pétiole, finement denticulées à denticules éparses, très faiblement saillantes ou même oblitérées le long des bords; le sommet est obtus; les nervures secondaires sont très fines, alternes ou subalternes; elles sont émises le long de la médiane, au nombre de sept paires, sous un angle ouvert; parallèles entre elles, elles se recourbent le long des bords et s'anastomosent à l'aide d'un petit nombre d'arceaux successifs. Le réseau des veines tertiaires est d'une grande finesse et se compose, comme dans la plupart des *Alnus*, de nervilles transversales simples ou bifurquées, réunies entre elles par des veinules obliques. Ces feuilles, très nettement caractérisées, devaient être d'une consistance souple et membraneuse, puisque l'une des empreintes se montre latéralement plissée, comme si le limbe, au lieu de s'étaler à plat, avait subi au fond de l'eau, sur ce point, la compression de quelque objet qui l'aurait froissé. On reconnaît sans peine que ces feuilles ressemblent à celles de l'*Alnus orientalis* Dne, surtout à une forme de cette espèce, indigène de l'île de Chypre (*Alnus oblongata*). Elles offrent encore de la ressemblance avec celles de l'*Alnus* (*Clethropsis*) *nepaulensis* Wall. Elles ne semblent rien avoir eu de persistant ni rien qui les écarte de celles de nos *Alnus* méditerranéens actuels; mais elles dénotent sans doute une petite espèce, conjecture que confirme l'examen des chatons mâles.

Pour bien saisir la figure 3, planche II, qui représente ces chatons, et la figure 3[a] qui les reproduit assez fortement grossis, il faut se souvenir qu'à la fin de l'été, et lorsque les strobiles fécondés au premier printemps, sans avoir atteint leur maturité, viennent d'acquérir cependant leur grosseur nor-

male, on voit paraître à l'extrémité des rameaux de l'année et à l'aisselle de la plus haute feuille, l'inflorescence (1) destinée à s'épanouir au printemps prochain. Elle consiste en un double rameau, dont l'un, beaucoup plus court que l'autre, supporte les appareils femelles d'abord très imparfaits et à peine visibles, tandis que l'autre, rapidement évolué, constitue une cyme corymboïde, dont chaque division supporte un chaton, et ces chatons, grêles et allongés dès l'origine, se trouvent d'abord réunis en faisceau et serrés les uns contre les autres. Ils sont au nombre de trois à cinq dans les *Alnus glutinosa* L., *cordata* Lois. et *subcordata* C. A. Mey.; plus épais ou plus grêles, plus allongés ou plus courts selon les espèces. C'est dans cet état que l'empreinte fossile nous montre le chaton de l'*Alnus antiquorum*. On distingue en effet la sommité d'un rameau subdivisé inférieurement : l'une des subdivisions est tronquée; l'autre se prolonge et supporte une réunion de chatons cylindriques juxtaposés, au nombre de sept à huit. On remarque tout de suite la faible dimension de ces chatons et de l'inflorescence elle-même dont ils font partie, et qui dans son ensemble n'excède pas en longueur 4 centimètres. Cette circonstance semble prouver que l'appareil était voisin de son premier développement lorsqu'il a été fossilisé.

Le strobile dont notre figure 10, planche I, reproduit un bel exemplaire grossi en 10ª est relativement petit, ayant à peine la dimension de ceux de l'*A. glutinosa*. Il est ovale-oblong, solitaire au sommet d'un pédoncule court et gros et un peu recourbé. Les écailles dont il est formé sont ligneuses, étroitement serrées, élargies en écusson antérieurement. Leur aspect, leur disposition et celle de l'organe considéré dans son ensemble annoncent bien une espèce analogue aux *Clethropsis* et qui aurait appartenu à ce sous-genre actuellement exotique. La

(1) Il est à noter que cette inflorescence ne procède pas d'un bourgeon spécial, mais qu'elle représente le complément et qu'elle répond au développement dernier de la sommité ramifiée du jet annuel. L'inflorescence, ainsi constituée, tient la place du bourgeon terminal, et le rameau ne se prolonge qu'au moyen d'un bourgeon latéral et axillaire.

découverte d'une samare (pl. II, fig. 4) est venue confirmer ce rapprochement. Cette samare est bien celle d'un *Alnus :* la nucule est ovale-oblongue, comprimée ; elle est surmontée par les vestiges d'un style persistant et accompagnée latéralement d'une étroite bordure cartilagineuse. Ces mêmes caractères se retrouvent dans les organes correspondants de la plupart des *Alnus* et spécialement de l'*A. subcordata* C. A. Mey., et du *Clethropsis nitida* Sp., qui fait le passage des *Alnaster* ou *Clethropsis* aux *Alnus* propres. Les fruits de cette espèce sont ou aptères ou bordés du moins d'une aile cartilagineuse des plus étroites.

Betula Tournef.

329. **Betula stenolepis** (pl. II, fig. 6-8).

B. strobili squamis verosimiliter secus axin semi-persistentibus, breviter trilobis, lobis lateralibus minime productis, samaræ alis paulo angustioribus, lobo medio lineari laterales abbreviatos parumque recurvos superante ; — samaræ nucula oblongo-elliptica, apice breviter birostri, basi subtruncata, in alam orbicularem, sursum emarginatam, nucleo paulo latiorem ex utroque latere expansa.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous connaissons de ce Bouleau une samare et une écaille détachée d'un strobile. Ces organes sont pourtant si bien caractérisés qu'ils suffisent à l'exacte détermination de l'espèce. La samare que nous avions un moment rapportée à l'*Alnus antiquorum* est bien celle d'un vrai *Betula*. Nous la reproduisons de nouveau pour mieux en faire ressortir les traits.

La nucule, ellipsoïde allongée, est birostre à l'extrémité supérieure; elle est accompagnée sur les deux côtés d'un appendice ailé et finement membraneux, arrondi latéralement et émarginé dans le haut, dont la largeur excède un peu celle de la nucule. C'est bien là réellement une samare de Bouleau, comparable par les dimensions et la forme à celles du *Betula Dryadum* Brngt, si répandu à Armissan. L'aile de l'espèce d'Aix est cependant plus arrondie dans le haut et la nucule un

peu moins atténuée inférieurement. D'ailleurs l'absence des feuilles s'oppose à une assimilation entre les deux Bouleaux séparés l'un de l'autre par un espace vertical assez notable, correspondant à l'oligocène presque entier.

Nous rapprochons de cette samare, la plus ancienne du genre qui ait été encore signalée, une écaille de strobile (pl. II, fig. 7 et 8) dont l'attribution générique ne semble pas douteuse. Elle est petite, étroite, à lobe médian lancéolé-linéaire et bien plus allongé que les latéraux, un peu réfléchis en dehors. Nos figures grossies, 7[a] à 8[a], permettent de saisir l'aspect de l'ancien organe, dont les deux faces sont conservées. Cette écaille dont la structure et les caractères sont parfaitement saisissables se rapproche sensiblement de celles des *Betulaster* ou Bouleaux des parties chaudes de l'Asie, dont les écailles fructifères persistent sur l'axe qui les porte, même après la chute des samares. Plus étroites et plus allongées que les organes correspondants des Bouleaux ordinaires, elles ne recouvrent qu'imparfaitement les samares. Il devient par cela même vraisemblable que les organes qui viennent d'être signalés sont ceux d'un *Betulaster*, dont il resterait à connaître les feuilles. Son éloignement des bords du lac tertiaire expliquerait à lui seul l'extrême rareté de ses débris. Il ne faut pas oublier que le *Betula Dryadum*, si répandu à Armissan, au moins en ce qui touche les samares, doit être rangé parmi les *Betulaster* d'après les études auxquelles nous nous sommes livré, circonstance qui explique à la fois la profusion de ses samares et l'absence des écailles fructifères de l'espèce dans les lits du gisement des environs de Narbonne.

330. **Betula Sodalis** (pl. II, fig. 5).

B. samaræ nucula suborbiculari, apice breviter attenuato birostri, utrinque æqualiter alata, alis rotundatis deorsum expansis, margine autem superiori leviter fimbriato-laceris.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Il est impossible de confondre cette samare avec celle de

l'espèce précédente, et cependant c'est encore certainement une samare de Bouleau. La nucule est à peu près orbiculaire, un peu atténuée au sommet, terminée par deux pointes stigmatiques moins fines et plus courtes que dans le *Betula stenolepis*. Les ailes, égales et latéralement arrondies, sont un peu plus étroites que la nucule; elles se prolongent inférieurement au-dessous de celle-ci et présentent chacune vers le haut une ou deux fimbriures que l'on observe quelquefois à la même place en examinant les samares des Bouleaux actuels.

CORYLACEÆ

OSTRYA Mich.

(74) OSTRYA HUMILIS Sap., *Révis.*, p. 131; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 83, pl. VI, fig. 5. — Pl. I, fig. 11, et pl. II, fig. 1-2.

O. foliis tenuiter membranaceis, elliptico-ovatis, margine tenuiter arguteque duplicato-denticulatis, penninerviis; nervo primario gracili, secundariis alternis suboppositisque, parallelis, secus marginem ramosis, ramulis in dentes pergentibus, venulis præterea subtilibus transversim decurrentibus; — nuculæ involucris sat parvulis, clausis, verosimiliter firme chartaceis, ovatis, obtusissimis, brevissime pedicellatis; nervis longitudinalibus plurimis, venulis oblique emissis medicantibus, reticulum laxum efficientibus delineatis.

Çà et là, surtout dans les calcaires de la partie inférieure ou moyenne, ainsi que dans les couches marneuses de la montée d'Avignon.

Les involucres de cette curieuse espèce, la plus ancienne du genre qui ait été encore signalée, sont déjà connus et ont été figurés par nous à deux reprises. Nous avons obtenu récemment des empreintes creuses assez nettes pour donner lieu à un moule en relief, circonstance qui atteste la fermeté des parois de ces anciens organes. Nous reproduisons ici un de ces exemplaires de grandeur naturelle (pl. I, fig. 11) et grossi (fig. 11ᵃ et 11ᵇ), de manière à faire voir l'aspect que présentaient les deux faces du même involucre. La figure 11ᶜ reproduit, sous un plus fort grossissement, le réseau veineux

superficiel. On voit que ces involucres, conformés comme ceux des *Ostrya* actuels, mais un peu plus petits et très obtus au sommet terminé en façon de calotte, étaient supportés par un très court et assez gros pédicelle, vers le haut duquel un poil semble encore adhérer. Les feuilles étaient inconnues jusqu'à présent; mais cette lacune a été comblée par la découverte d'un fragment incomplet, il est vrai, assez facile à reconstituer cependant, dont nous possédons les deux côtés (pl. II, fig. 1-2). La figure 2[a], même planche, reproduit les détails grossis de la nervation. On voit que cette feuille, dans laquelle il est impossible de méconnaître soit un *Carpinus*, soit un *Ostrya*, est ovale-ellipsoïde, très délicatement membraneuse, denticulée le long des bords, à dents aiguës, mais peu saillantes. Les nervures de divers ordres sont très fines; les secondaires, droites et parallèles, se ramifient avant d'atteindre la marge et aboutissent soit par elles-mêmes, soit par leurs rameaux aux denticules du bord. Les nervures tertiaires sont des plus déliées et s'étendent transversalement, reliées entre elles par des veinules obliques.

CUPULIFERÆ

Quercus L.

Le nombre des Chênes de la flore d'Aix, bien que leurs empreintes soient toujours relativement rares, s'est cependant accru depuis notre dernier supplément (1), et les espèces se trouvent aussi mieux connues. Le nombre total aurait même lieu de surprendre si l'on se rapportait uniquement à l'état ordinaire des choses; mais les Pins, de même que les Myricées et les *Acacia*, nous font toucher au doigt ce phénomène d'une réunion d'espèces congénères, bien plus considérable que

(1) *Révis.*, p. 131; *Ann. sc. nat.*, 5[e] série, t. XVIII, p. 33 et suiv. — Les espèces décrites sont au nombre de cinq, auxquelles il faut joindre les sept espèces nouvelles qui vont être signalées. — Ce serait donc en tout une douzaine de *Quercus*, dont quelques-uns sans doute ne représentent que des formes ou variétés.

celles actuellement comprises dans un seul et même canton. Il y avait visiblement alors tendance à une combinaison plus riche et plus variée de formes vivant pêle-mêle, sans s'exclure mutuellement. Les effets de plus en plus exclusifs de la concurrence vitale et les révolutions du climat auront éliminé depuis une foule de végétaux, les uns éteints, d'autres simplement émigrés, et la flore européenne a dû s'appauvrir graduellement, à mesure que les espèces robustes et favorisées par les circonstances s'étendaient aux dépens des autres, de plus en plus cantonnées et réduites, sinon totalement exclues.

Il nous semble que les Chênes de la flore d'Aix ont dû former trois groupes : l'un, actuellement américain ou est-asiatique, est celui auquel les *Quercus phellos* L. et *virens* Ait. servent de type, mais dont certaines formes chinoises et japonaises reproduisent également l'aspect (1). Les deux autres font encore partie de la flore méditerranéenne; c'est le groupe des *Chlorobalanus* ou Chênes verts (*Quercus ilex* L., *coccifera* L., etc.) et celui des *Cerris*. Celui-ci est évidemment le moins répandu; nous n'avons à lui rapporter qu'une seule espèce.

1. TYPE DES *CERRIS*

331. **Quercus aquisextana** (pl. III, fig. 5, 6 et 7).

Q. foliis membranaceis petiolatis, ovato-lanceolatis, apice sensim acuminatis, margine simpliciter lobato-dentatis dentibus breviter acutis; nervo primario sat gracili, nervis secundariis sparsis, inferioribus sub angulo aperto emissis, superis obliquioribus, tertiariis transversim decurrentibus flexuosis lare reticulatis; secundariis omnibus in lobulos recte pergentibus.

Calcaires crayeux de la partie inférieure. — Très rare.

Nous possédons deux fragments d'une feuille de cette curieuse espèce; ils se rapportent aux deux côtés d'une seule et même empreinte et servent à la compléter fort heureuse-

(1) Nous citerons plus particulièrement les *Quercus paucidentata* Franch. et *semecarpifolia* Wall.

ment; la figure 7, planche III, montre cette reconstitution. Nous obtenons ainsi une feuille de Chêne dont les caractères sont parfaitement saisissables : le pétiole est court et assez mince; le limbe est ovale, atténué en pointe supérieurement, obtus dans le bas. Le bord est découpé en lobes simples, anguleux et peu profonds. La nervation est pinnée; les nervures secondaires sont émises sous un angle ouvert inférieurement et plus obliques à mesure que l'on remonte vers le sommet de la feuille. Ces nervures demeurent simples et atteignent directement les lobes. Les veines tertiaires s'étalent transversalement en donnant lieu par leurs anastomoses à un réseau flexueux. Cette feuille se rattache par tous les caractères visibles aux Chênes de la section *Cerris* et en particulier au *Quercus pseudosuber* Desf. Mais sa ressemblance est surtout frappante avec le *Quercus hispanica* Lam. (*Quercus pseudosuber* var. *gibraltarica*), race ou variété qui habite à Gibraltar et tient de près au *Q. pseudosuber*. L'affinité de la forme fossile avec la race actuelle est tellement étroite que la première peut être considérée comme l'ancêtre direct de la seconde qui compterait du reste, à ce que nous croyons, encore quelques représentants épars sur le sol de la Provence, où le *Q. pseudosuber* proprement dit existe certainement, par pieds isolés, non loin de Grasse.

2. TYPE DES *QUERCUS PHELLOS* L., *CINEREA* Michx., *VIRENS* Ait., *PAUCIDENTA* Franch.

(77) QUERCUS PALÆOPHELLOS Sap., *Révis.*, p. 134; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 36, pl. VI, fig. 9-12. — Pl. II, fig. 11.

Calcaires de la partie inférieure.

Nous reproduisons une nouvelle empreinte de cette espèce; elle est remarquable par sa belle conservation et provient des calcaires de la partie inférieure. L'espèce est maintenant très bien caractérisée; mais en même temps difficile à distinguer des exemplaires rapportés par nous au *Quercus elæna* de Unger, surtout de la figure 13, planche 7, de la Révision.

332. **Quercus elæomorpha** (pl. IV, fig. 2).

Q. foliis coriaceis, stricte lanceolatis, integerrimis, plus minusve subtus breviter tomentosis, margineque leviter revolutis ; nervo primario stricto, secundariis sparsis, curvatim areolatis.

Calcaires marneux de la base. — Très rare.

La feuille est petite, étroitement lancéolée, obtuse aux deux extrémités, distinctement marginée le long des bords légèrement repliés en dessous. L'empreinte se rapporte à la face inférieure, visiblement recouverte d'un tomentum ras, plus ou moins serré, qui dérobe en partie les détails du réseau veineux.

La nervure médiane est mince et peu saillante; les secondaires se replient en arceau le long des bords. Cette forme paraît distincte de celles que nous avons signalées jusqu'ici; elle se rapproche des variétés les plus étroites du *Q. cinerea* Michx, ainsi que de celles du *Q. ilex* dont la marge est entière.

333. **Quercus lauriformis** (pl. IV, fig. 1).

Q. foliis elliptico-lanceolatis, margine integerrimo leviterque subtus revoluto hinc inde undulatis, breviter petiolatis, petiolo mediocri transversim rugoso : nervo primario prominente, secundariis sub angulo aperto emissis in areolas arcu obtuso ante marginem conjunctis.

Calcaires schisteux de la partie inférieure, au quartier des Pinchinats. Très rare.

La forme lancéolée-elliptique, c'est-à-dire obtuse aux deux extrémités du contour extérieur, distingue aisément cette feuille de celles que nous avons décrites et dont nous reparlerons ci-après sous le nom de *Quercus elliptica*. Le pétiole est court et gros relativement; il est un peu recourbé et marqué de rides transversales assez prononcées et très fines. Le bord est entier, légèrement replié en dessous et distinctement ondulé par places. L'empreinte montre la face inférieure qui

était peut-être un peu tomenteuse; la nervure médiane est saillante; elle s'amincit insensiblement en approchant du sommet de l'organe qui est atténué-obtus et peut-être mucronulé. Les nervures secondaires sont fines, émises sous un angle très ouvert, bifurquées et réunies avant le bord à l'aide d'arceaux très obtus. Ces nervures forment ainsi de larges aréoles cernées extérieurement d'une rangée d'aréoles plus petites et divisées à l'intérieur en compartiments trapézoïdes par des veines tertiaires flexueuses, diversement repliées et anastomosées; nous avons comparé le *Quercus elliptica* aux feuilles entières du *Q. virens* Ait., le *Q. lauriformis* offre un rapport frappant avec tout un groupe de Chênes mexicains, rangés dernièrement par Orsted dans son sous-genre *Erythrobalanus* et à une partie desquels cet auteur a appliqué non sans raison la dénomination de *laurifoliæ*. Les formes qui nous ont paru ressembler le plus à notre espèce fossile sont les suivantes : *Quercus confertifolia* Humb. et Bompl., dont la feuille est cependant plus atténuée dans le haut; — *Q. crassipes* Humb. et Bompl., en choisissant les formes les plus étroites; — *Q. lanceolata* Humb. et Bompl., dont les feuilles présentent le même mouvement d'ondulation le long des bords, — et enfin *Quercus linguæfolia* Liebm. dont l'analogie est tout à fait remarquable, soit que l'on s'attache au contour extérieur, soit que l'on considère la disposition des nervures.

334. **Quercus socia** (pl. V, fig. 10-11).

Q. foliis membranaceis, sat longe petiolatis petiolo gracili, oblongis in petiolum sensim angustatis, margine subundulato integerrimis; nervo primario tenui; secundariis sparsis, subtilibus, plurimis curvatis, ante marginem ramoso-anastomosatis, tertiariis tenuissime reticulatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous attribuons encore aux *Quercus* la moitié d'une feuille élégante, dont la terminaison supérieure fait défaut, mais dont nos figures 10 et 11, planche V, reproduisent l'empreinte et la contre-empreinte. Le pétiole est long et grêle; la base atténuée

en coin aigu ; le bord faiblement ondulé, mais parfaitement entier. Les nervures secondaires sont fines, nombreuses, assez irrégulièrement disposées, ramifiées et anastomosées le long de la marge. L'intervalle qui les sépare est occupé par un réseau très délié de veines transversalement décurrentes et reliées par des veinules. Cette jolie espèce peut être comparée à plusieurs Chênes américains du type *cinerea*.

335. **Quercus areolata** (pl. II, fig. 10).

Q. foliis membranaceis, ovalo-ellipticis, apice obtusatis, integerrimis; nervo primario stricto, secundariis gracilibus sub angulo aperto emissis, secus marginem conjuncto-areolatis ; tertiariis flexuosis in rete areolis irregulariter trapezoideis tandem solutis.

Calcaires marneux de la partie inférieure. — Très rare.

La feuille unique rapportée à cette espèce est mutilée inférieurement. Les deux tiers supérieurs sont intacts et présentent un limbe largement ovale-ellipsoïde, à bords entiers, arrondi et rétus au sommet, dont la nervation offre beaucoup d'analogie avec celle des Chênes lauriformes d'Amérique, particulièrement avec les variétés à feuilles larges et obtuses du *Quercus virens* Ait. Cette nervation se compose, dans l'empreinte fossile, d'une médiane mince et nettement accusée, accompagnée de secondaires fines, alternes, émises sous un angle ouvert, assez nombreuses et réunies en aréoles avant le bord, à l'aide d'un arc flexueux cerné par une rangée d'aréoles marginales. Les veines qui courent dans l'intervalle des nervures secondaires sont flexueuses et ramifiées en un réseau à mailles irrégulièrement trapézoïdes. Cette espèce se place entre le *Quercus salicina* Sap. et le *Quercus elliptica* Sap. Elle se distingue par le contour plus largement elliptique du limbe. La consistance de celui-ci a dû être plutôt membraneuse que coriace. Le réseau veineux est très visible. La découverte de l'espèce est due aux recherches de M. le professeur Philibert.

(78) QUERCUS ELLIPTICA Sap., *Révis.*, p. 134; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 36, pl. VII, fig. 2-6. — Pl. II, fig. 12-13, et III, fig. 3.

Calcaires en plaques de la partie inférieure; quartiers des Pinchinats et de Saint-Hippolyte.

Nous figurons comme se rapportant au *Quercus elliptica*, maintenant bien connu, plusieurs feuilles nouvellement découvertes. L'une est intacte (pl. II, fig 12) et fort belle de conservation. Elle est accompagnée d'une samare d'Acer (en *a*) et provient des calcaires de la partie inférieure. La figure 13, même planche, représente une feuille plus petite et moins obtusément terminée, qui semble pourtant reproduire le même type spécifique. — Une autre empreinte recueillie au quartier de Saint-Hippolyte, sur le prolongement des mêmes lits vers le nord-ouest (pl. II, fig. 3), fait voir deux feuilles de la même espèce, dont l'une repliée sur elle-même et l'autre couchée en travers sur la première. — Le *Quercus elliptica* Sap. reproduit dans la flore d'Aix le type du *Quercus virens* Ait., d'Amérique.

3. TYPE DES *QUERCUS ILEX* L. et *COCCIFERA* L.

336. **Quercus ilicina** (pl. III, fig. 4).

Q. foliis coriaceis, ovato-lanceolatis, utrinque breviter attenuatis, margine argute dentatis, penninerviis; nervo primario sat valido; secundariis plurimis, obliquioribus, inter se parallelis, simplicibus vel quandoque furcatis, in dentes recto tramite pergentibus; tertiariis transversim flexuosis in reticulum tenue areolis tandem trapezoideis solutis.

Calcaires marneux de la montée d'Avignon. — Très rare.

Les empreintes de cette curieuse espèce sont fort rares et pourraient être confondues avec celles du *Myrica ilicifolia*; mais la forme générale diffère, ainsi que l'ordonnance des nervures secondaires et la disposition du réseau veineux, que nous avons eu soin de reproduire sous deux grossissements (fig. 4a, pl. III). On reconnaît, en l'examinant, celui qui caractérise les feuilles de Chênes, spécialement celles de la

section des *Ilex*. La forme générale de la feuille est ovale-lancéolée ou lancéolée-elliptique, atténuée aux deux extrémités, mais non acuminée. Le bord est denté à dents aiguës; la nervation est prinnée, et les nervures secondaires relativement nombreuses (10 à 12 paires), assez obliquement émises, minces, parallèles entre elles, mais un peu flexueuses, vont aboutir chacune à une des dents de la marge, tout en émettant vers le haut des ramules au moyen desquels elles contractent des anastomoses variées. Les nervures tertiaires, transversalement flexueuses et reliées par des veines courant en sens contraire, se résolvent en un réseau très fin dont les dernières mailles affectent une forme trapézoïde (voy. fig. 4ª, pl. III). Les feuilles du *Q. ilicina* rappellent beaucoup celles du *Q. ilex* par l'aspect et la disposition des dentelures; elles sont plus elliptiques et moins ovales, plus atténuées en coin inférieurement, et leurs nervures secondaires sont plus nombreuses et reliées entre elles par des anastomoses plus fréquentes. Par ces mêmes traits l'espèce fossile d'Aix se rapproche sensiblement d'une forme de *Q. ilex*, provenant du Yunnan et que M. Franchet nous a fait connaître; elle est également comparable au *Q. phylliræoides* Asa Gray, de Nippon ; mais elle ne doit pas être confondue avec le *Quercus antecedens* Sap., décrit dans notre Révision, bien qu'elle se rattache au même groupe, ainsi que l'espèce suivante.

337. **Quercus spinescens** (pl. II, fig. 14).

Q. foliis cartilagineis, ovato-oblongis, basi obtusatis, apice acutis, margine dentato-spinosis; nervo primario sat valido, secundariis sparsis, obliquis, ramoso-anastomosatis vel etiam in dentes pergentibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Dans l'empreinte unique d'après laquelle nous établissons cette espèce, nous reconnaissons une feuille ayant l'aspect, la dentelure et la nervation de celles du *Q. coccifera* L. Seulement les nervures secondaires sont plus nombreuses et plus

obliquement dirigées que dans la plupart de ces dernières feuilles. La feuille de notre *Q. spinescens* est ovale-oblongue, obtuse et peut-être sessile à la base, aiguë au sommet et pourvue le long des bords de dents épineuses, irrégulièrement disposées et fort acérées. Les nervures secondaires, assez obliquement émises et plus nombreuses que les dentelures, s'anastomosent entre elles ou pénètrent directement dans les pointes épineuses. Leur intervalle est occupé par un réseau veineux que notre figure grossie (fig. 14[a]) reproduit fidèlement et qui concorde avec celui des feuilles de Quercinées. On peut considérer cette feuille comme répondant au type ancestral du *Quercus coccifera*, de nos jours encore très polymorphe.

MOREÆ

Ficus L.

338. **Ficus superstes** (pl. IV, fig. 3).

F. foliis coriaceis, elliptico-ovatis, in petiolum basi obtuse attenuatis; nervis secundariis sub angulo aperto emissis, ante marginem conjunctis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous pensons reconnaître un *Ficus* dans cette feuille, rencontrée une seule fois, mais dont la partie supérieure fait défaut et dont, par cela même, l'attribution reste douteuse.

SALICINEÆ

Populus Tournef.

(85) Populus Heerii Sap., *Révis.*, p. 140; *Ann. sc. nat.*, 5[e] série, t. XVIII, p. 42, pl. VII, fig. 3. — Pl. II, fig. 9, et IV, fig. 10-14.

P. foliis? chartaceis, petiolatis, basi obtusatis, margine dentato-sinuatis; — squamis gemmarum vel ex inflorescentia fæminea distractis margine fimbriato-pilosis; — fructu capsulari bivalvi, valvis ovato-oblongis, rugosulis, stylo persistente quandoque adhuc superatis.

Schistes et calcaires marneux de la partie supérieure, calcaires de la partie inférieure et marnes de l'extrême base à la montée d'Avignon. — Rare.

Le fragment de feuille (pl. II, fig. 9) que nous attribuons, non sans doute, à cette espèce est d'une consistance ferme et sinuée le long de la marge. Il représente la base d'une feuille ovale qui pourrait bien avoir appartenu à un *Populus* de la section des Coriaces. Ce qui est beaucoup moins incertain, c'est le fruit capsulaire, encore clos et surmonté de deux débris de styles, que reproduisent nos figures 10 et 11, planche IV, et qui est grossi en 10ᵃ. Il est visible, par ce fruit, que le *Populus Heerii* se rattachait au groupe du *P. euphratica* Ol. La rareté de ses débris dénote pour lui une station éloignée des plages de l'ancien lac, peut-être reculée vers les hautes vallées. — En dehors du fruit, nous figurons encore (pl. IV, fig. 13-14) une bractée ciliée sur les bords, large et arrondie inférieurement, convexe sur une des faces (fig. 14ᵃ), concave sur l'autre (fig. 13ᵃ), comme étant de nature à lui être réunie. Nous avions précédemment figuré d'autres bractées et nous en donnons ici un nouvel exemple (pl. IV, fig. 12). Celles-ci pourraient bien représenter des écailles gemmaires de *Populus*. Les bourgeons du *P. nigra* en ont qui affectent la même apparence. Seulement, elles ne sont pas aussi distinctement fimbriées le long des bords. La première (fig. 13 et 14) se rapporterait plutôt aux écailles gemmaires des chatons mâles, ou, mieux encore, aux bractées qui entourent les ovaires dans la fleur femelle. Ces bractées persistent à la base du fruit chez divers Peupliers, particulièrement le *P. monilifera;* mais elles sont caduques dans les espèces de la section *Euphratica*, dont la capsule est nue inférieurement et plus ou moins pédicellée à la maturité, comme la capsule fossile paraît elle-même l'avoir été. Quant aux ponctuations et rugosités fines qui couvrent la superficie des valves, elles se montrent également dans les Peupliers de la section précitée et paraissent constituer un de ses caractères distinctifs.

SALIX Tournef.

339. Salix aquensis (pl. III, fig. 8).

S. foliis lanceolato-linearibus, sensim acuminatis, basi obtusatis, margine cartilagineo glanduloso-serrulatis; nervo primario sat valido; secundariis tenuibus, plurimis, curvato-ascendentibus, venulisque transversim decurrentibus ramoso-anastomosatis; — capsulis ut videtur, bivalvibus, valvis ovato-oblongis brevibus erectis apertis, mediocriterque divergentibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La feuille, jusqu'à présent unique, est fort belle, bien caractérisée, presque complète, le pétiole et la sommité faisant seuls défaut. La forme du limbe est lancéolée-linéaire; l'extrémité supérieure se prolonge en une pointe insensiblement atténuée. La base est obtuse et les bords sont dentés à dents de scie, cartilagineuses et visiblement glanduleuses (fig. 8ª). La nervure médiane est nettement exprimée, mais sans saillie; l'empreinte correspondant à la face supérieure du limbe. De cette nervure partent des nervures secondaires multipliées, déliées, recourbées-ascendantes, longeant le bord de très près et réunies entre elles par des veinules transversales simples et ramifiées. Le dessin du réseau veineux concorde par sa finesse et sa disposition avec celui des feuilles de Saules. Il ne saurait y avoir de doute, selon nous, au sujet de l'attribution générique, et l'espèce la plus voisine nous paraît être le *Salix capensis* Thb., qui est répandu dans toute l'Afrique australe. Cette affinité concorde, du reste, avec celle que nous avons plusieurs fois signalée entre la flore des gypses d'Aix et celle du continent africain. La forme des dentelures est la même des deux parts. Seulement la feuille fossile est plus grande, plus linéaire et plus insensiblement atténuée au sommet; elle se rapproche, par la forme de son contour, du *Salix nigra* Marsch., de l'Amérique septentrionale; mais, par les dentelures et les détails de la nervation, elle est bien plus voisine de l'espèce africaine. Nous réunissons à cette feuille

deux empreintes (pl. IV, fig. 16 et 17) de fruits capsulaires bivalves, très analogues à ceux des Saules. Les deux valves sont oblongues-ovales et assez peu écartées l'une de l'autre. Les capsules à demi mûres des *Salix* affectent le même aspect et des dimensions à peu près égales. Nous supposons donc que ce sont là peut-être les fruits du *S. aquensis*.

340. **Salix demersa** (pl. III, fig. 9).

S. foliis elliptico-ovatis, basi obtusatis, breviter obtuseque apice attenuatis, margine denticulatis, penninerviis; nervis secundariis tenuibus, plurimis, obliquis, ante marginem curvatis ramosoque-anastomosatis; tertiariis flexuosis, oblique transversim decussentibus.

Schistes marneux feuilletés de la partie supérieure. — Très rare.

Il existe une seule empreinte de cette remarquable espèce. Bien qu'elle ait souffert, elle est presque entière, sauf le pétiole, et présente des caractères qui permettent de la déterminer sûrement. Le côté conservé répond à la face supérieure d'une feuille ovale-elliptique, obtuse à la base, atténuée au sommet en une pointe assez courte. Le bord est finement denticulé à dents sinueuses, espacées et probablement glanduleuses. La nervure médiane est mince; les secondaires, très fines, peu visibles et assez nombreuses, se replient en se ramifiant, et s'anostomosent le long de la marge en émettant vers l'extérieur des veinules qui aboutissent aux dentelures. Les nervilles tertiaires courent transversalement dans l'intervalle assez étroit qui sépare les secondaires; elles s'anastomosent avec des nervures directement sorties de la médiane qui vont les rejoindre, et composent, en se subdivisant, un réseau très délié.

Cette feuille a dû présenter une consistance assez ferme : elle a tous les caractères qui distinguent celles des Saules indiens de la section des *Tetraspermæ* d'Anderson, et se rapproche spécialement du *Salix suaveolens* Anders., sous-espèce ou race qui habite les vallées de l'Himalaya. La forme fossile est seulement plus petite, moins acuminée au sommet,

et les nervures secondaires sont, chez elle, moins obliques et moins ascendantes, surtout vers le haut. — Le *Salix demersa* devait fréquenter le bord des eaux dans le fond des vallées montagneuses de l'époque; son éloignement des plages lacustres explique sans doute l'extrême rareté de ses empreintes. Il a fallu un concours de circonstances favorables pour que les eaux courantes aient pu charrier quelques-unes de ses feuilles jusqu'à la surface des lits schisteux en voie de formation.

341. **Salix retinervis** (pl. IV, fig. 15).

S. foliis lanceolato-linearibus, basi obtuse in petiolum attenuatis, margine tenuiter denticulatis dentibus apice cartilagineo-glandulosis; nervo primario sat valido, secundariis numerosis, secus marginem curvatis, areolatis, venulas in dentes postea emittentibus; tertiariis transversim decurrentibus, flexuosis, inter se et cum nervulis e nervo medio directe ortis in reticulum laxum solutis.

Calcaires marneux de la partie moyenne. — Très rare.

L'empreinte, demeurée unique, montre les deux côtés d'une feuille lancéolée-linéaire, obtuse à la base, insensiblement atténuée en pointe au sommet, dont l'extrémité manque, et denticulée le long des bords, à dents fines, cartilagineuses, probablement glanduleuses. La nervure médiane est assez épaisse; et les secondaires sont nombreuses, émises sous un angle ouvert ou presque droit, fines, recourbées le long des bords s'anastomosant de manière à circonscrire des aréoles de premier ordre, en émettant vers le dehors des veinules qui vont aboutir aux denticules de la marge. Dans l'intérieur des mailles principales, s'étalent des veines tertiaires transversalement émises, qui courent dans l'intervalle des secondaires en s'appuyant directement sur la médiane. Ces veines flexueuses sont reliées entre elles par des veinules et donnent lieu, par leur ensemble, à un réseau très nettement visible.

Tous les caractères de cette feuille dénotent un Saule allié au groupe des Saules africains, dont le *Salix Safsaf* Forsk.

est le type ; il est surtout voisin des variétés allongées et particulièrement du *Salix nilotica* Anders. (1). Ce Saule représente, d'après Anderson, le *Salix tetrasperma* dans la vallée du Nil. Il faut encore citer comme rapproché de notre forme fossile, par le dessin de la nervation et la forme générale des feuilles, le *Salix acmophylla* Boiss., de Perse ; les feuilles de celui-ci sont cependant entières ou faiblement denticulées. Dans tous les cas, notre *Salix retinervis* affecte une physionomie subtropicale des plus prononcées.

CHENOPODIACEÆ

CHENOPODITES.

342. **Chenopodites helicoides** (pl. XVII, fig. 6-7).

Ch. seminibus orbiculatis, compressis, marginatis, embryone incurvo peripherico spirali, perispermum, ut videtur includente.

Calcaires de la partie inférieure.

Nous figurons sous ce nom une graine cyclospermée ; elle est assez grande, puisque son diamètre mesure 2mm,5, orbiculaire et comprimée. Sa circonférence semble avoir été occupée par un embryon plan, replié en spirale et périphérique (fig. 6). Un second exemplaire de cette graine (fig. 7, grossie en 7a) montre un repli et une structure du corps cotylédonaire, un peu différents de ceux du principal échantillon. L'attribution à la famille des Chénopodiacées est assez naturellement indiquée, sans qu'il soit possible de la préciser davantage. Il existe des graines comparables à celles que nous venons de signaler dans les Amarantacées et elles sont également assimilables à celles de certaines Crucifères, en sorte que leur détermination demeure des plus incertaines.

(1) *Monogr. Salicum*, p. 11.

LAURINEÆ

PHŒBE Nees.

343. **Phœbe aquensis** (pl. VII, fig. 2-3).

Ph. foliis firmis, ovato-lanceolatis, integerrimis, penninerviis nervo primario stricto, tertiariis flexuosis transversim decurrentibus, parum prominulis, in rete laxum tandem solutis; — calyce persistente fructifero parum aucto, breviter pedunculato, extus rugoso, limbo fructum cingente obtusissime 6-dentato.

Calcaires marneux de la partie inférieure.

La détermination de l'espèce, dont nous ne possédons pourtant que des débris, nous paraît des plus légitimes et dénote, selon nous, la présence dans la flore d'Aix d'une Laurinée très peu éloignée de celle qui vit actuellement aux Canaries sous le nom de *Phœbe barbusana* Web. (*Apollonias canariensis* N.). La feuille (fig. 2) a été recueillie par M. le professeur Philibert; elle est malheureusement mutilée aux deux extrémités; mais la partie conservée montre une telle conformité de caractères avec les feuilles de la forme canarienne actuelle qu'on ne saurait signaler entre elles d'autres divergences que le contour un peu plus allongé du limbe de l'empreinte fossile. La surface de celle-ci était lisse; le bord entier; la nervure médiane était mince, mais nettement tracée; les secondaires fines, espacées, un peu flexueuses, repliées vers les bords, se rejoignent à l'aide d'un arceau obtus. Les nervures tertiaires, très déliées, courent dans l'intervalle des secondaires et produisent en se ramifiant un réseau visible à la loupe seulement et pareil par la disposition des aréoles à celui qui distingue toutes les Laurinées.

Il faut joindre à ce premier fragment un périanthe persistant ou base de calice pédonculé fructifère, dont la ressemblance est des plus étroites avec les organes correspondants du *Phœbe barbusana*. Ce calice est vu par dehors, campanulé oblong, articulé inférieurement avec un court pédoncule, tandis que

ceux du *Phœbe* actuel sont beaucoup plus longs. Au-dessus de l'articulation (voy. la figure grossie 3ᵃ, pl. VII), le pédicelle se renfle insensiblement et se dilate jusqu'au point où avait lieu l'insertion du fruit; la partie limbaire est courte, à six divisions très obtuses; tout l'extérieur de la partie dilatée inférieure au limbe proprement dit est sillonné de rugosités sinueuses très marquées, absolument pareilles à celles que montrent les pédicelles des *Phœbe.* La ressemblance est tellement intime de part et d'autre qu'elle entraîne la persuasion à l'endroit d'une assimilation des plus vraisemblables, d'ailleurs, par elle-même. A en juger d'après les seuls indices dont nous disposons, le *Phœbe aquensis* aurait différé du *Phœbe barbusana* par ses pédoncules fructifères plus courts et ses feuilles plus allongées (1).

OREODAPHNE Nees.

344. **Oreodaphne vetustior** (pl. VII, fig. 4-5).

O. foliis glaberrimis, subcoriaceis, crasse breviterque petiolatis (petiolo transversim rugoso), basi paulisper in petiolum attenuatis, ovato-lanceolatis, penninerviis; nervis secundariis curvatis areolatisque, inferis cæteris obliquioribus, tertiariis reticulato-venosis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

L'espèce, découverte par M. Philibert, consiste en une double empreinte montrant l'une et l'autre face de la même feuille mutilée au sommet, mais intacte et bien conservée dans

(1) Nous serions tenté de placer à la suite du *Phœbe aquensis*, comme présentant une partie au moins des caractères de nervation qui distinguent les feuilles de certaines Laurinées, particulièrement des *Tetranthera*, l'espèce suivante (pl. IV, fig. 4) qui nous avait d'abord paru dénoter un *Ficus* : TETRANTHERA INCOGNITA. *T. foliis lato-ellipticis, sursum obtusatis, integerrimis, penninerviis; nervo primario gracili; secundariis tenuibus spatiatis, secus marginem curvatim conjuncto-areolatis; nervis abbreviatis e costa media ortis cum tertiarii transversim oblique decurrentibus in rete subtiliter venulosum anastomosantibus.* — Plaque calcaire de la partie inférieure, très rare. — La feuille, trouvée une seule fois et malheureusement mutilée, a perdu sa base, circonstance qui rend plus difficile sa détermination.

le reste de son pourtour. Tous les caractères de forme et de nervation annoncent un *Oreodaphne* rapproché de l'*O. fœtens* Ait., des îles Canaries. Le pétiole, le limbe, l'aspect de la surface, les détails du réseau veineux offrent des deux parts la même apparence; on remarque cependant les différences suivantes : le pétiole de l'espèce fossile est plus court; il mesure à peine 5 millimètres de longueur au lieu de 8 à 10, comme dans l'*Oreodaphne fœtens*, pour un limbe d'égale grandeur. Les nervures inférieures sont aussi moins développées par rapport aux autres secondaires; elles ne laissent pas voir de vestige de scrobicules à leur aisselle. La base paraît un peu plus atténuée et le contour général moins régulièrement ellipsoïde. Nous croyons cependant à une parenté plus ou moins étroite, rattachant l'*Oreodaphne vetustior* à celui de nos jours qui se trouve représenté en Europe, lors du pliocène, par une forme très peu distincte de celle des Canaries et de Madère. — Nous serions tenté de rapporter à cette espèce, non seulement certains débris de réceptacle cupuliforme, vide de son fruit, observé dans les mêmes lits, mais encore un fruit détaché (pl. IV, fig. 2) qui offre l'aspect de ceux des Laurinées, mais qu'il serait tout aussi vraisemblable d'attribuer à quelque autre type de la même famille.

345. **Oreodaphne gracilis** (pl. VII, fig. 6-7).

O. foliis firme membranaceis, glaberrimis, breviter petiolatis, linearibus, utrinque sensim attenuatis, penninerviis; nervis secundariis inferis sequentibus obliquioribus crypta ad axillas notatis; secundariis aliis tenuibus, curvatis, areolatis; tertiariis minute reticulatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

La feuille de cette seconde espèce, découverte également par M. Philibert, est bien plus étroite que celle de l'*Oreodaphne vetustior*. Le pétiole est assez court, mais bien plus grêle; le limbe est linéaire, atténué insensiblement vers les deux extrémités. La paire de nervures secondaires la plus inférieure se trouve munie de scrobicules petites, mais bien

visibles; ces nervures suivent une direction un peu plus oblique que les suivantes qui sont fines, nombreuses, recourbées en arc le long des bords. Le réseau veineux qui serpente dans l'intervalle est d'une grande finesse, et sa conservation admirable. L'*Oreodaphne gracilis* doit être surtout comparé à l'*O. californica* N., dont les feuilles ressemblent beaucoup à celles que nous venons de décrire.

346. **Oreodaphne detecta** (pl. V, fig. 5).

O. ? foliis ovato-ellipticis, apice obtusatis, basi paulisper attenuatis, triplinerviis; nervis lateralibus inferis paulo supra basilaribus, ascendentibus, cum secundariis aliis vix ante apicem anostomosatis; tertiariis reticulato-ramosis.

Marnes de la montée d'Avignon. — Très rare.

Nous rapportons, non sans quelque doute, au groupe des *Oreodaphne*, une feuille de Laurinée triplinerve, trouvée une seule fois et que les détails du réseau veineux empêchent de rejoindre aux *Cinnamomum*. Elle est petite, ellipsoïde-oblongue, très obtusément atténuée, presque arrondie au sommet, obtusément rétrécie à la base. Les nervures latérales basilaires se prolongent en suivant le bord et s'étendent presque jusqu'au sommet où elles s'anastomosent avec la nervure médiane à l'aide de ramules sortis de celle-ci. Les veines tertiaires sont déliées, flexueuses, et elles forment dans l'intervalle des nervures principales un réseau très fin dont notre figure reproduit très exactement les détails.

347. **Oreodaphne restituta** (pl. IV, fig. 9).

O. foliis sat longe valideque petiolatis, basi sensim in petiolum augustatis; nervis secundariis obliquis, ascendentibus, duobus basilaribus ad axillas scrobiculatis; tertiariis in rete venulis flexuosis subtile solutis.

LAURUS PHOTODAPHNE Sap. (ex parte, quoad, fig. 6), *Révis.*, p. 142, pl. VIII, fig 6; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 4.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Nous croyons devoir rapporter aux *Oreodaphne* une empreinte de feuille, mutilée supérieurement, très nettement conservée dans le bas, y compris le pétiole, que nous avions réunie à notre *Laurus protodaphne*. L'attribution de ce fragment aux *Oreodaphne* semble bien plus naturelle et ses caractères distinctifs empêchent de le rejoindre à quelqu'une des espèces qui viennent d'être signalées.

Cinnamomum Burm.

Le genre *Cinnamomum*, particulièrement le type *Camphora* que nous n'en séparons pas, largement représenté dans la flore d'Aix, y montre en même temps un tel polymorphisme que la distinction des diverses espèces soulève des difficultés à peu près insurmontables. Dans l'impossibilité de les résoudre entièrement, nous avons voulu du moins en exposer les termes tels qu'ils résultent des éléments dont nous disposons actuellement.

(90) Cinnamomum lanceolatum Heer, *Révis.*, p. 142, pl. VIII, fig. 10; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 44. — Pl. VI, fig. 5-10.

Çà et là dans toutes les couches.

La forme lancéolée du contour, le sommet longuement atténué en pointe, distinguent assez bien les feuilles de cette espèce, qui reparaît dans l'oligocène et l'aquitanien de Provence (Saint-Zacharie, gypses de Gargas, Céreste, Manosque), ainsi que dans la partie ancienne de la molasse suisse. Elle est cependant sujette à des variations de forme et de grandeur dont nos figures reproduisent les principales.

Le *Cinnamomum lanceolatum*, qui a tenu une si grande place dans la végétation de l'Europe tertiaire, se rattache directement à une espèce chinoise actuelle, recueillie récemment par le docteur Henry (févr. 1887), et désignée par lui sous le nom de *Cinnamomum pedunculatum* N. var. *angustifolia*, mais qui paraît nouvelle en réalité. On peut la nommer *C. Henrici*.

348. **Cinnamomum elongatum** (pl. VI, fig. 3-4).

C. foliis obovato-lanceolatis, basi longe sensim in petiolum angustatis, sursum breviter acuminatis, triplinerviis; nervis lateralibus inferis suprabasilaribus, ascendentibus, ad apicem cum venulis e nervo medio ortis curvato-anastomosantibus.

Calcaires marneux de la partie moyenne. — Rare.

La feuille, dont il existe deux empreintes, l'une (fig. 3) très complète, comparée à celles du *C. lanceolatum*, présente des différences appréciables : elle est très longuement atténuée à la base sur le pétiole et obovée, c'est-à-dire ayant vers le haut sa plus grande largeur qui décroît ensuite en donnant lieu à une pointe terminale plus courte que dans l'espèce précédente. Nous réunissons à cette forme une seconde empreinte de feuille (fig. 4) dont la base seule est conservée.

(91) CINNAMOMUM POLYMORPHUM Heer, var. *camphoræfolium* Sap., *Révis.*, p. 142, pl. VIII, fig. 7-9; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 44. — Pl. VII, fig. 1.

Çà et là dans toutes les couches.

Cette variété ou forme remarquable précède et représente dans la flore d'Aix le *Cinnamomum polymorphum* si répandu et si caractéristique dans tout le miocène européen. Nous reproduisons ici une grande et belle feuille que nous aurions été tenté de décrire séparément, si ses caractères de forme et de nervation ne concordaient pas exactement avec les échantillons antérieurement figurés.

349. **Cinnamomum ovale** Sap., *Ét.*, I, p. 90; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ sér., t. XVII, p. 243 (pl. V, fig. 4, et VI, fig. 13-15).

C. foliis mediocribus, petiolatis, ovato-ellipticis, basi apiceque obtusatis, triplinerviis; nervis lateralibus paulo suprabasilaribus, margini parallelis, ad extremum apicem cum medio anastomosantibus; tertiariis subtilibus, flexuosis, transversim decurrentibus.

Çà et là dans toutes les couches.

Nous rétablissons cette espèce qui rappellerait plutôt le *Cinnamomum Scheuchzeri* de Heer que le *C. polymorphum* proprement dit. Les exemplaires que nous figurons permettent d'en saisir les caractères. La feuille est plus petite, plus ellipsoïde, surtout plus obtuse à la base comme au sommet; les nervures latérales inférieures sont moins nettement suprabasilaires; elles se prolongent en suivant le bord jusque dans le voisinage du sommet, avant de s'anastomoser avec les veines peu nombreuses sorties de la médiane. Cette forme n'est peut-être qu'une variété du *Cinnamomum Scheuchzeri* que nous pensons avoir également observée à Aix.

350. **Cinnamomum Scheuchzeri** Heer (pl. V, fig. 6 et VI, fig. 1).

C. foliis petiolatis, ellipticis, ovatoque ellipticis, breviter sursum apiculatis, triplinerviis; lateralibus suprabasilaribus margini parallelis, curvatis, ascendentibusque, cum nervulis e costa media ortis ante apicem anastamosantibus.

Çà et là; calcaires de la partie inférieure. — Assez rare.

Le *Cinnamomum Scheuchzeri* de Heer, très répandu dans la molasse suisse, paraît être une forme ancestrale du *C. pedunculatum* N. actuel, du Japon. Nous avons récemment constaté son existence dans l'aquitanien de Manosque (1) et maintenant nous le retrouvons également à Aix, représenté par un certain nombre d'empreintes de feuilles qui diffèrent trop peu de celles de Manosque et de la molasse suisse pour en être spécifiquement distinguées.

351. **Cinnamomum Buchii** Heer, Sap., *Ét.*, I, p. 90; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ sér., t. XVII, p. 243 (pl. V, fig. 2-3, et VI, fig. 2).

Çà et là et calcaires marneux de la montée d'Avignon.

Nous figurons, comme appartenant à cette espèce ou s'y

(1) Voy. *l'Origine paléont. des arbres*, p. 227, fig. 28, 2. J.-B. Baillière, Paris, 1888.

rattachant plus ou moins, plusieurs empreintes de feuilles recueillies par nous, dont deux (fig. 2 et 3, pl. XV) proviennent des lits de la montée d'Avignon. Elles nous paraissent concorder avec le *Cinnamomum Buchii* de Heer, si répandu dans toute la molasse suisse. Du reste ce *Cinnamomum* n'est peut-être qu'une forme du *C. polymorphum*, lui-même allié de si près à notre *Camphora officinarum* actuel.

352. **Cinnamomum spectabile** Heer (pl. V, fig. 1 et VI, fig. 21).

C. foliis amplis, late ellipsoideis, basi obtuse attenuatis, sursum rotundatis breviterque extremo apice angustatis, triplinerviis; nervis lateralibus plus minusve curvatis, extus ramosis, cum secundariis postea anastomosatis; tertiariis transversim reticulato-ramosis.

Çà et là; calcaires de la base. — Rare.

Le *Cinnamomum spectabile* de Heer caractérise surtout le miocène inférieur. Nous l'avons signalé à Armissan, à Manosque et dans les argiles du bassin de Marseille (1). Les deux exemplaires d'Aix que nous figurons, et dont la parfaite identité avec ceux des argiles miocènes de Marseille est aisée à constater, attestent l'existence de cette forme curieuse, dans le midi de la France, à partir de l'éocène récent et antérieurement au tongrien.

353. **Cinnamomum rotundatum** Sap., *Origine paléont. des arbres*, p. 227, fig. 28, 3 (pl. VI, fig. 12).

C. foliis mediocribus, petiolatis, obovatis, basi in petiolum attenuatis, sursum apice obtusato rotundatis, triplinerviis; nervis lateralibus vix supra basilaribus, elongatis, margini parallelis, tandem venulis mediantibus cum nervo medio anastomosatis; tertiariis subtilibus, flexuosis, transversim decurrentibus.

Dans le gypse exploité. — Très rare.

(1) Voy. *Ét. sur la vég. tert.*, III, p. 179; *Fl. des argiles de Marseille*, pl. VI, fig. 1-2; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IX, p. 46.

L'espèce, représentée par une feuille unique, paraît bien distincte des précédentes par sa terminaison arrondie. Les nervures latérales sont à peine suprabasilaires; elles se prolongent en demeurant simples jusqu'au sommet et contractent là seulement, à l'aide de veinules sorties de la médiane, des anastomoses avec celle-ci. Les veines qui serpentent dans l'intervalle des nervures principales sont très déliées et ramifiées transversalement. Nous avons signalé et figuré cette jolie espèce dans notre livre sur l'*Origine paléontologique des arbres cultivés ou utilisés par l'homme*, en faisant ressortir l'analogie frappante qui la rattache à un *Cinnamomum* actuellement japonais, le *C. sericeum* Sieb. et Zucc., dont elle semble représenter l'ancêtre et la souche première, perdue en Europe; mais ayant conservé des descendants plus ou moins directs dans l'extrême orient de l'Asie.

354. **Cinnamomum minutulum** (pl. VI, fig. 20).

C. foliis parvulis, coriaceis, elliptico-ovatis, utrinque obtusatis, apice autem emarginatis, triplinerviis; nervis lateralibus suprabasilaribus, curvatis, margini parallelis, ad apicem usque provectis; tertiariis subtilissimis, transversim decurrentibus.

Marnes de la montée d'Avignon. — Très rare.

Ce *Cinnamomum* est remarquable par la faible dimension de sa feuille qui peut-être pourtant ne représente pas la grandeur normale de celles de l'espèce. Elle ressemble aux plus petites du *C. Zeilanicum*. Le *C. minutulum* doit être rapproché du *C. retusum* de Heer dont les feuilles sont cependant plus élargies et nettement rétuses à l'extrémité supérieure, tandis que celle d'Aix est régulièrement ellipsoïde. L'attribution générique ne saurait être douteuse.

(93) CINNAMOMUM AQUENSE Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 91, pl. VII, fig. 7; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 244. — Pl. VI, fig. 16-17.

Nous reproduisons deux nouveaux exemplaires de cette espèce, comparée par nous au *C. pauciflorum* Nees, du Népaul,

l'un d'eux (fig. 16) conforme au type normal, l'autre (fig. 17) très petit, mais présentant les mêmes caractères de forme et de nervation.

(94) CINNAMOMUM EMARGINATUM Sap., *Ét.*, I, p. 91, pl. VII, fig. 5; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 244. — Pl. VI, fig. 18.

Nous rapportons à cette espèce une petite feuille qui nous paraît offrir les mêmes caractères de forme et de nervation.

355. **Cinnamomum subtilinervium** (pl. VI, fig. 19).

C. foliis parvulis, breviter petiolatis, elongato-lanceolatis, triplinerviis; nervis lateralibus basilaribus fere marginantibus, tandem cum venulis e costa media ortis sursum anastomosatis; nervulis subtilissimis transversim decurrentibus.

Schistes feuilletés de la partie inférieure. — Rare.

Nous possédons une seule empreinte de cette espèce qui se distingue des précédentes par sa feuille petite, d'une consistance délicate, triplinerve avec des nervures latérales naissant de la base et longeant le bord de très près. La terminaison supérieure manque; le réseau veineux intercalaire est d'une grande finesse.

FRUCTUS CINNAMOMI

356. **Cinnamomum palæocarpum** (pl. IV, fig. 8).

C. fructu obovato-subsphærico, apice breviter rotundato, superficie lævi, ad basin calycis parte inferiori cupuliformi persistente cincto.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Il est impossible de ne pas rattacher au *Cinnamomum*, comme pouvant représenter le fruit de l'une des espèces précédentes, celui que reproduisent nos figures 8 et 8a, planche IV, de grandeur naturelle et grossi. Il est petit, ellipsoïde-globuleux et distinctement retenu inférieurement par la base persistante du calice changé en cupule par la circumscission

de la partie limbaire. Ce fruit, peut-être imparfaitement développé ou ayant appartenu à l'une des plus petites espèces ci-dessus énumérées, est exactement conforme à ceux du *C. Camphora* L., sauf la taille et le contour plus arrondi du sommet. Il diffère assez notablement de ceux du *C. polymorphum*, décrits et figurés par Heer.

357. **Cinnamomum apiculatum** (pl. IV, fig. 7).

C.? fructu parvulo, ovato, longitudinaliter costato, sursum in apiculum attenuato, disco receptaculari ad basin perigonii reducto imposito.

Schistes de la partie supérieure. — Très rare.

C'est avec doute que nous rapportons aux *Cinnamomum* ce petit fruit ovoïde-costulé, atténué en pointe au sommet et assis à la base sur un disque pédonculé qui paraît provenir, comme chez les *Cinnamomum*, de la circumscission du limbe périgonal.

DAPHNOGENE Ung.

Folia triplinervia, Lauraceis absque genere proprio adscripta.

358. **Daphnogene coriacea** Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 92; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ sér., t. XVII, p. 245 (pl. VI, fig. 11).

D. foliis coriaceis, petiolatis, elliptico-rhombeis, basi obtuse cuneatis, apice breviter in apiculum angustatis, triplinerviis; nervis lateralibus supra basilaribus curvatis, margini parallelis, sursum cum medio anastomosatis; tertiariis laxe reticulatis.

Schistes de la partie supérieure (coll. du Muséum de Paris).

Nous rétablissons ici et nous figurons pour la première fois une espèce curieuse, mais d'un classement incertain, dont l'original existe dans la collection du Muséum de Paris. En la signalant dans la première partie de nos études, nous l'avions comparée au *Persea cinnamomifolia* Kunth et à un *Cryptocarya* du Chili, le *C. Berteroana* Cl. Gay.

L'attribution générique demeure incertaine, à moins qu'il

ne s'agisse d'une simple variété du *Cinnamomum polymorphum*. Cependant la physionomie et les détails de la nervation de cette feuille militent en faveur d'une attribution distincte.

359. **Daphnogene amplior** (pl. IV, fig. 5).

D. foliis chartaceis, petiolatis, late obovatis, sursum arcu obtusissimo rotundatis breviterque exserte tandem apiculatis, triplinerviis; nervis lateralibus supra basilaribus extus ramosis, curvato-ascendentibus, cum venis obtusissime e costa media ortis conjuncto-anastomosatis; tertiariis tenuissime flexuosis transversim ramosis.

Schistes feuilletés de la partie supérieure. — Très rare.

Nous devons à M. Changarnier-Moissenet la connaissance de cette belle espèce qui nous paraît distincte des précédentes. La consistance de la feuille a dû être glabre à la superficie. Les nervures de divers ordres ont peu de saillie et le réseau veineux, des plus déliés, n'est visible qu'à la loupe. Le limbe est largement obové, obtusément atténué en coin dans le bas, arrondi dans le haut et surmonté par une pointe courte, fine et exserte. Les nervures latérales, nettement suprabasilaires, s'étalent en se recourbant vers le haut à une certaine distance du bord et demeurent parallèles à lui. Elles s'anastomosent avant le sommet avec des veines sorties de la médiane sous un angle des plus obtus.

Il est difficile de s'arrêter à une attribution bien précise de cette feuille qui se distingue surtout de notre variété *camphorœfolium* du *C. polymorphum* par le développement en largeur du limbe et la faible étendue de la pointe exserte qui le termine. L'espèce est cependant comparable, sous de plus fortes dimensions, au *Daphnogene coriacea* et a dû appartenir au même type générique.

360. **Daphnogene parvula** (pl. V, fig. 8).

D. foliis mediocribus, breviter petiolatis, coriaceis, obovatis, sursum obtusatis, triplinerviis; nervis lateralibus supra basilaribus, curvatis,

cum venulis e costa media ortis tandem anastomosatis; tertiariis laxe reticulatis.

Partie supérieure. — Rare.

L'espèce est basée sur l'existence d'une feuille très coriace, petite, obovée, obtuse et courtement pétiolée, arrondie au sommet et triplinerve. Les nervures latérales se recourbent pour gagner le haut et s'y anastomoser, à l'aide de veines sorties de la médiane. Le réseau veineux interstitiel est formé de veines flexueuses peu visibles à l'œil nu. L'attribution générique de cette feuille nous semble très incertaine ; elle se distingue des *Cinnamomum* par la disposition des nervures tertiaires.

361. **Daphnogene lacera** (pl. V, fig. 7).

D. foliis membranaceis, breviter ovato-lanceolatis, triplinerviis; nervis lateralibus cum secundariis e costa media ortis mox curvatim religatis; secundariis aliis plurimis, sub angulo aperto emissis, secus marginem arcuatim conjuncto-areolatis; tertiariis flexuosis reticulato-ramosis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La moitié supérieure de la feuille est seule demeurée intacte ; la base manque par le fait d'une cassure. La nervation est d'une netteté remarquable, et diffère, à ce qu'il semble, de celle des vrais *Cinnamomum*. Les nervures latérales basilaires se réunissent aux secondaires bien avant le sommet du limbe ; et l'on compte, à partir du point où s'opère cette réunion, à l'aide d'un arc flexueux, plusieurs paires successives de secondaires émises sous un angle très ouvert et repliées en arc le long des bords. Le réseau veineux interposé est d'une grande finesse et formé de traits flexueux et ramifiés, disposés dans le sens transversal par rapport aux nervures secondaires.

SANTALACEÆ

Osyris L.

(97) Osyris primæva Sap., *Révis.*, p. 144, pl. IX, fig. 3-5; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 46. — Pl. XVI, fig. 8.

O. fructibus parvulis, ovato-globosis, superficie lævi tenuissime punctulato-rugosulis, perigonio residuo brevissime tubuloso superatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Les petits fruits ovoïdes-globuleux, glabres à la surface et très finement ponctués-rugueux, couronnés par des restes de tube périgonal, dont notre figure 8, planche XVI, donne un exemple, complètent très heureusement la notion de l'espèce signalée antérieurement par nous sous la dénomination d'*Osyris primæva*, d'après les feuilles et des ramules striés épars. Le fruit que nous signalons diffère à peine de ceux de l'*Osyris alba* L., si répandu actuellement en Provence, par des dimensions plus réduites.

362. **Osyris socia** (pl. XVI, fig. 12; XVII, fig. 9; XX, fig. 18).

D. foliis parvulis, breviter petiolatis, obovato-ellipticis, apice obtusatis, integris, penninerviis; nervis secundariis secus marginem curvatis; — fructibus minutis, globulosis, perigonii residuis patentim breviter tubulosis coronatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Nous pensons reconnaître une seconde espèce d'*Osyris* dont les feuilles moins linéaires, plus courtes et plus obovées-obtuses que celles de la première, se combineraient avec des fruits épars ayant la même structure que le précédent; mais surmontés d'un tube périgonal plus court et plus ouvert. — Ces fruits dont nous figurons deux exemplaires, surtout celui de la planche XX, figure 18, grossi en 18^2, offrent le plus grand rapport avec ceux de l'*Osyris alba*, et il nous paraît difficile de

ne pas admettre leur attribution générique comme des plus vraisemblables (1).

REMARQUES SUR L'EXISTENCE PRÉSUMÉE DES *Leptomeria* R. Br.

ETTINGSH., *Fl. von Hæring*, p. 48. — Sap., *Révis.*, p. 144, pl. IX, fig. 1-2; *Ann. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 46.

M. d'Ettingshausen a été le premier à remarquer, dans la flore tongrienne de Hæring, des ramules épars, le plus ordinairement coudés-anguleux ou même divariqués-flexueux et serpentineux, portant au lieu de feuilles des coussinets saillants, avec cicatrices d'insertion d'organes détachés. Ces ramules plus ou moins grêles, parfois en connexion et présentant alors des subdivisions alternes et successives, dépendant d'un rameau principal, furent attribués par le savant autrichien, non sans quelque apparence, aux *Leptomeria*, type exclusivement australien, représenté en Europe par les *Osyris*, dont ils se distinguent par leurs feuilles très petites, simples écailles promptement caduques, ou même nulles, constituant à l'aide de cette circonstance des arbustes dépouillés, conformes par leur aspect aux empreintes recueillies et décrites par M. le baron d'Ettingshausen (2).

(1) Nous joignons ici la description d'un petit fruit qui pourrait bien avoir été celui d'un *Osyris* :

Carpites stipatus (pl. XVI, fig. 6).

C. fructu minutissimo, ovato, bacciformi, leviter superficie sulcato, basi in pediculum calyce residuo stipatum attenuato.

Calcaire de la partie inférieure. — Rare.

Nous n'osons proposer une attribution générique pour ce petit fruit bacciforme, dont nos figures grossies 6a et 6b, celle-ci d'après un moule en relief, reproduisent exactement les caractères. Faudrait-il reconnaître en lui un *Osyris?* — Nous préférons rester dans l'incertitude que d'insister sur une détermination hasardée.

(2) Ces *Leptomeria* présumés de Hæring et ceux des gisements de Provence n'ont aucun rapport, il faut le dire, avec le *Leptomeria œningensis* de Heer (*Fl. foss. Helv.*, III, p. 189, tab. 153, fig. 32-33) dont les rameaux sont garnis

En y regardant de près, on aurait pu s'étonner de la caducité constante et générale des écailles ou feuilles réduites supposées, dont les coussinets dénotent l'existence, tandis que l'aspect et la nature de ces coussinets semblent indiquer l'insertion d'organes plus consistants que de simples squamules et ayant donné lieu, par leur chute, à une cicatrice arrondie d'une certaine épaisseur. L'attribution au type australien des *Leptomeria* des empreintes dont nous parlons favorisait, il est vrai, l'opinion adoptée et propagée par Unger, puis par Ettingshausen, que la flore tertiaire d'Europe avait dû, à un moment donné, emprunter une partie notable de ses éléments à celle de la Nouvelle-Hollande actuelle ou, si l'on veut, que les types maintenant propres à cette dernière région y auraient été refoulés, après avoir jadis occupé l'Europe. C'est ainsi que la plupart des Protéacées d'Australie, *Dryandra*, *Banksia*, *Lomatia*, *Grevillea*, aussi bien que les *Eucalyptus*, avaient été signalés à l'état fossile, et leur ancienne présence en Europe semblait appuyée de tels indices, elle parut un moment si clairement démontrée, qu'on n'était plus en droit de s'étonner si d'autres genres australiens, et parmi eux celui des *Leptomeria*, avaient aussi laissé des vestiges sur notre sol. Depuis, il faut le dire, cet argument a beaucoup perdu de sa valeur, puisqu'il a été généralement reconnu, et nous avons contribué à faire prévaloir cette opinion, que les prétendus *Dryandra* étaient des *Comptonia*, les *Banksistes* des *Myrica*, les *Lomatites* des Composées voisines des *Baccharis*, les *Grevillea* plus probablement des Thymélées; de telle sorte que l'existence de genres exclusivement australiens dans le tertiaire d'Europe est redevenue problématique, et perd de jour en jour sa probabilité.

Les *Leptomeria* fossiles ont continué pourtant à être mentionnés sous ce nom générique, surtout à cause de la difficulté que l'on éprouvait d'indiquer pour eux une attribution

de petites feuilles écailleuses encore en place, tandis que ceux dont nous parlons en sont constamment dépourvus.

plus vraisemblable que celle proposée en premier lieu. C'est ainsi que, dans notre Révision de la flore d'Aix, nous avons eu soin de figurer, sous le nom de *Leptomeria flexuosa* Ett., une curieuse empreinte provenant des schistes intercalés dans les gypses exploités, observée par nous, il y a des années, dans la collection du Musée de Marseille. Il en était de même des *Leptomeria distans* Ett. et *gracilis* Ett., associés au précédent, dans le gisement de Hæring, et que nous avions rencontrés en Provence, le premier à Saint-Zacharie (1) et à Saint-Jean-de-Garguier, le second à Manosque (2). La concordance parfaite de ces divers échantillons avec ceux que M. d'Ettingshausen avait décrits, ne saurait être révoquée en doute. Il s'agit bien réellement, quelle qu'en ait été la vraie nature, d'une catégorie d'organes répandus et fréquents, en Europe, vers le milieu des temps tertiaires (3). — La découverte récente, dans le gisement de Manosque, de nouvelles empreintes de *Leptomeria*, plus complètes et par cela même mieux caractérisées que celles connues jusqu'ici, est venue récemment nous convaincre que ces prétendues Santalacées n'étaient autres que des fragments détachés d'inflorescences mâles, ou des ramules épars et dépouillés des régimes à fruits des Palmiers tertiaires. Une étude consciencieuse, poursuivie dans les collections du Muséum, avec l'assistance éclairée de M. Franchet, a promptement fait naître et affermi en nous la croyance que nous possédions ainsi, à côté des frondes des Palmiers fossiles et dans les mêmes lits qui gardent les traces de leurs empreintes, les vestiges de leurs organes reproducteurs ou plutôt des rameaux destinés à servir de supports à leurs fleurs ou à leurs fruits, ceux-ci s'étant préalablement détachés du rachis sur lequel ils étaient implantés; ce qui n'a rien que de parfaitement naturel, puisque les parties vieillies et accidentellement rompues auront eu

(1) Voy. *Ét.*, I, p. 212; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XIX, pl. VI, fig. 7-8.

(2) *Ét.*, III, p. 85; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. VIII, pl. VI, fig. 7-8.

(3) Voy. sur les *Leptomeria* de Manosque une étude insérée dans la *Revue générale de botanique*, livraison du 15 mai 1889.

seules la chance de se conserver. La ténacité des inflorescences, au moment où elles se développent, les aura garanties et préservées, tandis que les rameaux anciens, devenus fragiles ou sujets à se désarticuler, auront seuls réussi à se fossiliser. C'est bien là ce qui a dû se passer et, par cela même, il devient possible, dans une certaine mesure, de contrôler, à l'aide des inflorescences et en consultant les caractères morphologiques et le mode de ramification que leurs débris laissent entrevoir, l'attribution générique présumée des anciens Palmiers.

En suivant cette filière, il faut constater avant tout que le *Sabal major* Ung., représenté par des frondes parfaitement caractérisées, a été tout dernièrement rencontré, à Manosque, dans les mêmes lits d'où ont été extraits, peu de temps après, deux rameaux subdivisés en ramules, et ceux-ci en ramuscules alternes et parfois subdichotomes, plus ou moins étalés et même divariqués, qui se rapportent visiblement au *Leptomeria gracilis* d'Ettingshausen. Une comparaison attentive laissant voir une étroite affinité dans le mode de ramification, l'aspect et l'agencement des ramules de ces échantillons avec les inflorescences « partielles » des *Sabal*, spécialement du *S. Adansonii* Guerre, il s'ensuit que nous avons probablement sous les yeux l'appareil reproducteur du *Sabal major* de Unger, et que l'attribution générique de ce dernier au type actuellement américain des *Sabal* se trouve par cela même confirmé.

Si nous faisons à la flore d'Aix l'application de ces prémisses, nous observons d'abord des empreintes, dont l'analogie avec le *Leptomeria gracilis* est évidente (pl. VIII, fig. 1), recueillies dans des lits calcaires de la partie inférieure du gisement, d'où proviennent également les feuilles d'un *Sabalites* particulier, *Sabalites præcursoria* Sap. Un peu au-dessus de ces premiers lits, dans des plaques et des schistes marneux fossiles, les fragments d'un autre *Leptomeria* L., *prisca* Sap. (pl. VIII, fig. 3-6) dénotent la présence probable d'un autre Palmier; enfin, le *Leptomeria flexuosa* Ett., figuré dans notre

Révision (pl. IX, fig. 1), a été extrait des mêmes lits schisteux intercalés dans les gypses d'où proviennent les frondes du *Flabellaria Lamanonis* Brngt, et il semble naturel de considérer ces débris d'inflorescence comme appartenant à cette espèce, dont il existe de si belles empreintes de feuilles, retraçant les caractères de celles des *Trachycarpus*, sorte de *Chamærops* de l'Asie austro-orientale, et particulièrement comparables aux *Chamærops martiana*. Nous allons passer en revue ces diverses formes d'inflorescences ou rachis fructifères de Palmier, en leur appliquant le terme générique de *Palæorachis*, substitué à celui de *Leptomeria* devenu totalement impropre.

PALÆORACHIS

Inflorescentiæ Palmarum fossilium in paniculas aut racemos digestæ fragmenta plerumque sparsa distractaque ramulos florum baccarumve lapsorum vestigiis notatos ostendentia.

LEPTOMERIA Ettingsh., *Fl. v. Hæring*, p. 48.

L'appareil reproducteur des Palmiers consiste en un rachis rameux, appelé régime, qui porte les fleurs mâles ou les fruits provenant des fleurs femelles, attachés dans un ordre alterne le long des ramuscules de l'appareil. Celui-ci, entouré de spathes protectrices générales ou partielles, persiste après l'anthèse, attenant au tronc dont il ne se sépare qu'à la longue, par une désarticulation successive ou par la chute accidentelle des derniers rameaux de l'inflorescence. Celle-ci varie d'aspect et de disposition selon les genres : tantôt, comme dans le *Chamærops humilis* et le *Phœnix* ou *Dattier*, elle sort d'une paire de spathes; tantôt, comme chez les *Sabal* et les *Trachycarpus*, chaque subdivision ou rameau de l'inflorescence se trouve enveloppée et pourvue d'une spathe particulière qui s'ouvre pour lui donner passage au fur et à mesure du développement de l'appareil. — Dans ces conditions et par suite de l'extrême ténacité des régimes servant de support aux organes de l'un ou de l'autre sexe, on se rend

compte des difficultés qui ont dû s'opposer à leur fossilisation, sauf à l'état de fragments épars; mais la fréquence de ceux-ci est également fort naturelle, et leur recherche, leur étude dans les gisements où abondent les Palmiers tertiaires permettront sans doute de reconstituer graduellement les caractères de chaque espèce et de fixer la vraie nature de leurs organes reproducteurs.

363. **Palæorachis subgracilis** (pl. VIII, fig. 1).

P. ramulis inflorescentiæ alterne partitis, gracillimis, subflexuosis, patentim ramosis, ramulis etiam divaricatis, cicatriculis insertionum residuis alternis tenuiter prominulis.

LEPTOMERIA GRACILIS Ett., *Fl. v. Hæring*, p. 48.

Les deux fragments que nous figurons ont été recueillis par M. le professeur Philibert. Leur analogie d'aspect et de ramification avec les exemplaires de Manosque est un indice qu'ils ont dû faire partie de l'inflorescence d'un *Sabal;* mais leur consistance plus grêle et leur moindre étendue dénote une espèce de plus petite taille que le *Sabal major* Ung. Ce serait dès lors le *Sabalites præcursoria* Sap., trouvé dans les mêmes lits, dont nous posséderions ici l'inflorescence à l'état de débris.

364. **Palæorachis distans** (pl. VIII, fig. 2).

P. inflorescentiæ ramulis tenuibus, elongatis, angulatim flexuosiusculis, cicatricibus alternis distantibus.

LEPTOMERIA DISTANS Ett., *Fl. v. Hæring*, p. 48, tab. 12, fig. 19.

Schistes feuilletés de la partie moyenne. — Rare.

Les rameaux de l'inflorescence qui sont élancés, allongés et menus, avec des inflexions anguleuses à peine sensibles, et des cicatrices d'insertion alternativement disposées à d'assez grandes distances, dénotent un appareil reproducteur ou régime différent de celui des *Sabal* et probablement ayant

appartenu à un autre type de Palmiers. Le *Leptomeria distans* d'Ettingshausen, identifié avec notre *Palæorachis distans*, a été recueilli d'abord à Hæring, puis à Saint-Zacharie et à Saint-Jean-de-Garguier. Il est difficile de déterminer son attribution à moins de le rapprocher du *Flabellaria thrinacea* Sap., de Saint-Zacharie, et du *Flabellaria costata* Sap., des gypses d'Aix (*Révis.*, p. 100, pl. V, fig. 9) (1), en tenant compte de l'analogie relative de ce *Palæorachis* avec l'inflorescence du *Thrinax parviflora*, Sw.

(95) PALÆORACHIS FLEXUOSA.

P. inflorescentiæ paniculato-racemosæ ramulis angulatim flexuosis florum aut fructuum lapsorum insertionum cicatriculis pulvinato-prominulis notatis.

LEPTOMERIA FLEXUOSA Ett., *Fl. von Hæring.*, p. 48, t. 13, fig. 1-2. — Sap., *Révis.*, p. 144; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 46, pl. IX, fig. 1.

Schistes de la partie supérieure. — Rare.

Dans cette espèce, observée en premier lieu à Hæring et rencontrée ensuite à Aix, les ramuscules affectent une disposition angulo-flexueuse, et les rameaux plusieurs fois subdivisés sont disposés en grappe paniculée autour d'un axe ou rameau principal. On observe à peu près la même configuration et le même agencement dans les rachis fructifères du *Chamærops* ou *Trachycarpus martiana* Walt., des bords du Gange, dont les frondes ressemblent à celles du *Flabellaria Lamanonis*. Comme le *Palæorachis flexuosa* a été recueilli dans les mêmes lits schisteux, intercalés aux gypses, d'où proviennent les frondes de *Flabellaria*, on peut admettre sans invraisemblance que ce *Palæorachis* représente les inflorescences dont le *F. Lamanonis* montre les feuilles. L'espèce fossile, ainsi déterminée, n'aurait pas été éloignée du type indien auquel répond de nos jours le *Chamærops martiana* de Wallich.

(1) *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVII, p. 34.

(96) PALÆORACHIS PRISCA Sap. — Pl. VIII, fig. 3-6.

P. inflorescentiæ rachi sinuato-tortuosa, ramoso-paniculata, ramulis erectis vergatis, cicatriculis florum ramusculorumve alternis, hinc inde prominulis notatis.

LEPTOMERIA PRISCA Sap., *Ét.*, I, p. 92; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ série, t. XVII, p. 245; *Révis.*, p. 144; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 46, pl. IX, fig. 2.

Calcaires en plaques de la partie inférieure.

Les fragments que nous figurons appartiennent aux diverses parties, axe principal épais subtortueux et dépouillé (fig. 6), rameaux de deuxième ou de dernier ordre (fig. 3-5), d'une inflorescence distincte des précédentes, dont les subdivisions auraient été articulées et caduques après l'anthèse, à ce qu'il paraît. Cette inflorescence, à en juger par les fragments épars que nous avons recueillis, se rapprocherait de celle de *Sabal*, sans qu'il soit possible d'indiquer, parmi les Palmiers d'Aix dont les feuilles sont connues, une forme susceptible de lui être réunie.

THYMELEÆ

DAPHNE L.

365. **Daphne impressa** (pl. V, fig. 9).

D. foliis sessilibus, tenuiter cartilagineo-cinctis, obovato-lanceolatis, apice obtusatis, basi in cuneum attenuatis; nervo primario distincto, cæteris oblique prodeuntibus, ægre perspicuis.

Schistes de la partie supérieure. — Très rare.

La nervation de cette empreinte est peu visible. Elle représente une feuille lancéolée-obovale, obtuse au sommet, atténuée en coin à la base qui est sessile. La nervure médiane est relativement épaisse, la marge cernée d'une étroite bordure cartilagineuse. Les nervures secondaires, ainsi que le réseau veineux, sont peu perceptibles. Cette feuille, par sa forme et ce qu'elle laisse saisir des détails de sa nervation,

rappelle d'une manière frappante le *Daphne pontica* L., dont les feuilles sont seulement plus larges et généralement plus grandes.

PIMELEA L.

366. **Pimelea obscura** (pl. XI et XII, fig. 7).

P. foliis verosimiliter sericeis, parvulis, crasse breviterque petiolatis, ellipticis, margine leviter cartilagineo-cinctis; nervis secundariis, vix distinctis, oblique decurrentibus, obscure delineatis.

Marnes de la montée d'Avignon. — Très rare.

Feuille jusqu'à présent unique, reproduisant l'aspect des *Pimelea* et aussi de certains *Passerina*. Nous avons été frappé de sa ressemblance avec le *Pimelea crassipes* Heer (1). Elle est pourtant plus petite que les feuilles de l'espèce suisse, et aussi plus arrondie inférieurement. En la signalant, nous donnons plutôt une indication qu'une détermination réellement sérieuse.

PROTEACEÆ

Tout en suspendant tout jugement en ce qui concerne les Protéacées tertiaires d'Europe, on peut admettre comme possible l'ancienne existence de celles qui se rattacheraient à des types actuellement confinés dans l'Afrique australe.

PROTEOIDES ETT.

Sap., *Révis.*, p. 147; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 49.

367. **Proteoides Philiberti** (pl. VIII, fig. 8).

P. foliis coriaceis, brevissime petiolatis, lineari-lanceolatis, margine cartilagineo-cinctis, integerrimis, apice calloso breviter acuminatis; nervo primario stricto; secundariis alternis, obliquissime prodeuntibus, venulis plurimis flexuosis juvantibus in reticulum religatis.

Calcaires marneux de la partie inférieure. — Rare.

(1) *Fl. tert. Helv.*, II, tab. 97, fig. 12-14.

La feuille, jusqu'à présent unique, a été recueillie par M. le professeur Philibert, à qui nous dédions l'espèce. Elle est petite, coriace, très bien conservée, munie d'un court pétiole et atténuée obtusément vers la base qui est construite comme celle des feuilles de *Lomatites*. Le bord est entier, cerné d'un encadrement cartilagineux. La forme est étroitement lancéolée; le sommet s'atténue en une pointe calleuse et un peu latérale. Les nervures sont fines et parfaitement distinctes : la médiane se distingue assez peu des latérales très obliquement émises et reliées entre elles par des veinules également obliques. L'ensemble donne lieu à un réseau à mailles étroites et allongées qui paraît conforme dans ses moindres détails avec celui des feuilles de *Leucadendron*, de *Perssonia* et de certains *Grevillea*. Cette jolie espèce, qui retrace si bien l'aspect des feuilles de plusieurs Protéacées actuelles, se range très naturellement auprès du *Proteoides extincta* Sap. (1), dont elle se distingue par sa base plus obtuse et les nervures plus nettes (2).

GAMOPETALÆ

COMPOSITÆ

La connaissance, toujours imparfaite, un peu moins obscure pourtant qu'au début, des Composées de la flore d'Aix n'a pas été acquise sans des efforts répétés et des recherches minutieuses.

Il a fallu, d'une part, recueillir un à un les vestiges épars de très petits organes, tels que des achaines, et, de l'autre, revenir sur d'anciennes opinions qui semblaient définitivement assises, appuyées de motifs spécieux et basées sur un rapprochement morphologique en apparence des plus plausibles.

(1) Voy. *Leucadendrites extinctus* Sap., *Ét.*, I, p. 96; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 249, pl. VII, fig. 8.

(2) Il existe dans les Composées des feuilles ayant le même contour et la même disposition de nervures, particulièrement chez les *Centaurea*. Ce rapprochement est peut-être le véritable.

Ce n'est donc que par degrés que nous avons acquis la notion de l'importance relative du groupe des Composées et du rôle qui leur était dévolu en Provence, avant la fin de l'éocène. Ce que nous savons, malgré tout, n'est presque rien en regard de ce qui nous reste caché et nous possédons plutôt des indices que des documents précis. Il faut encore ne pas négliger cette remarque curieuse que les seules Composées de la flore d'Aix, susceptibles d'une définition approximative et dont nous possédons les feuilles, se rapportent à un de ces types frutescents, si rares dans cette famille, qui n'en comprend guère de cette catégorie en dehors des pays chauds ; de telle sorte que c'est justement la tribu où les types de cette sorte sont les plus fréquents, dont nous constatons à Aix, non la présence exclusive, mais, on peut le dire, la prédominance absolue ; puisque en définitive, le *Baccharitesa quensis*, notre ancien *Lomatites*, est incontestablement l'espèce caractéristique de l'ancienne végétation locale, celle qui par sa profusion, dans toutes les couches, comme par son association à plusieurs autres visiblement congénères, a dû constituer le type de plantes qui donnait alors à l'ensemble une physionomie à part. — Nous ne voulons pas dire par là que les Composées herbacées, celles qui entrent en Europe, comme partout ailleurs, dans la composition du tapis végétal, fussent alors absentes ; nous allons voir que l'inverse doit être au contraire conjecturé ; mais enfin, aux Composées qui nous sont familières et dont il n'est venu jusqu'à nous que de très faibles débris, il s'en ajoutait d'autres, depuis éteintes ou éliminées du sol de l'Europe, dont la flore canarienne paraît de nos jours avoir conservé des exemples et qui contribuaient, à l'époque de l'éocène récent, à l'accentuation du paysage. Dans l'impossibilité où nous nous trouvons de reconstituer les anciennes espèces, par la combinaison des feuilles avec les vestiges de fruits venus jusqu'à nous, nous allons être forcé de suivre une autre méthode et de décrire séparément les diverses catégories d'organes. — Les feuilles réunies antérieurement sous la dénomination de *Lomatites* et rattachées aux *Protéacées* formeront une première catégorie, qui emprun-

tera à son affinité présumée avec les *Baccharis* le terme générique de *Baccharites*. Les achaines surmontés d'une aigrette poilue resteront réunis dans le genre *Cypselites ;* enfin nous reprenons, pour y comprendre des restes d'involucre et de réceptacle, le genre *Hieracites* que nous avions proposé une première fois.

BACCHARITES Sap.

Sur la présence supposée des Protéacées d'Australie dans la fl. de l'Europ. anc.; Comptes rendus de l'Ac. des sc., t. XCII, séance du 16 mai 1881.

Folia coriacea, elongato-linearia vel lanceolato-linearia, breviter petiolata, sursum acuta, margine parce remoteque denticulata denticulis argutis; nervis secundariis obliquissime areolatis, illis generis Baccharidis simillima.

LOMATITES Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 98; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ série, t. XVII, p. 252; *Révis.*, p. 150; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 52.

La ressemblance en réalité très étroite des feuilles comprises sous la dénomination de *Lomatites* avec celles, non pas de tous les *Lomatia*, mais en particulier des *Lomatia longifolia* R. Br. et *linearis* R. Br. et de la section *Eulomatia* Endl. nous avait paru à l'origine un sûr garant de leur affinité avec ce groupe et par cela même de la présence des *Protéacées* d'Australie dans la flore des gypses d'Aix. Nous avions fait ressortir cette ressemblance, en figurant les feuilles de l'espèce vivante à côté des fossiles. Avec beaucoup d'attention cependant, on pouvait observer quelques légères divergences : les nervures secondaires des *Lomatites* sont plus obliques; elles donnent lieu par leurs anastomoses à des mailles beaucoup plus allongées que dans les *Lomatia*. La terminaison inférieure est généralement aussi plus obtuse, moins longuement atténuée, le pétiole plus court et plus gros que dans les végétaux d'Australie ; enfin, les denticules marginales des *Lomatites* se réduisent à de simples points épineux, toujours moins saillants et séparés par des sinus moins prononcés que ceux des *Lomatia*. — Or il se trouve que ces différences s'effacent justement dès que l'on rapproche nos *Lomatites* des feuilles de

Baccharis ou d'autres Conizées, de telle sorte que la conformité de tous les caractères morphologiques, jointe à celle de la physionomie, oblige d'admettre une liaison intime et réelle entre ces sortes d'empreintes, si répandues dans le gisement d'Aix, et les Baccharis ou, si l'on veut, la tribu actuelle des Conizées.

Ce serait donc un type de Composées frutescentes, voisin des *Baccharis*, qui aurait peuplé principalement les alentours de l'ancien lac gypseux, et cette présomption se trouve justement en rapport avec la fréquence relative des achaines à aigrettes poilues, recueillis dans les mêmes lits que les feuiles, et ayant les caractères de ceux de la section des Conizées. Ceux de ces achaines, dont le nombre va en augmentant, qui n'ont pas été encore décrits, le seront ci-après sous la dénomination commune de *Cypselites*.

(108) BACCHARITES SINUATUS Sap.

LOMATITES SINUATUS Sap., *Révis.*, p. 150, pl. IX, fig. 24-26; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 52.

(109) BACCHARITES SALICINUS Sap.

LOMATITES SALICINUS Sap., *Révis.*, ibid., pl. IX, fig. 16; *Ann. sc. nat.*, ibid.

(110) BACCHARITES ACEROSUS Sap.

LOMATITES ACEROSUS Sap., *Révis.*, ibid., pl. IX, fig. 20; *Ann. sc. nat.*, ibid.

(111) BACCHARITES AQUENSIS Sap.

LOMATITES AQUENSIS Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 100, pl. VII, fig. 15; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 253; — *Révis.*, p. 150, pl. IX, fig. 17-19, et X, fig. 1; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 52.

(112) BACCHARITES OBTUSATUS Sap.

LOMATITES OBTUSATUS Sap., *Révis.*, ibid.; *Ann. sc. nat.*, ibid., p. 52, pl. IX, fig. 21-23.

CYPSELITES Heer.

Le genre est destiné à comprendre les achaines fossiles de Composées surmontés d'une aigrette poilue, et qu'il est impossible de rapporter à un genre spécial ; mais dans certains de ces organes, l'aigrette manque parce qu'elle s'est détachée, ou

qu'elle se trouve réduite à des vestiges. On reconnaît toujours cependant qu'elle a dû normalement exister. Les cinq espèces que nous ajoutons à celles décrites précédemment, portent à huit le nombre des espèces d'achaines de Composées, comprises dans la flore d'Aix. La direction constamment ascendante des poils de l'aigrette dont la plupart des *Cypselites* sont surmontés ne doit pas surprendre, puisque, selon une remarque déjà ancienne de Heer, les aigrettes de Composées s'étalent par un effet hygroscopique, dû à la sécheresse de l'air, et reprennent au contact de l'eau et par suite de l'imbibition, la disposition verticale, en pinceau érigé, qu'elles présentaient sur le réceptacle commun avant la maturité des capitules.

368. **Cypselites aquensis** (pl. VIII, fig. 6).

C. achæniis oblongis, 6^{mm},50 longis, utrinque obtusissime attenuatis, apice truncatis, longitudinaliter tenuissime striatulis, pappo erecto stricto achænio parum longiore superatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'achaine est petit, allongé, long de 6^{mm}, 5, marqué de stries ou linéaments d'une grande finesse, à peine atténué et tronqué au sommet; il est surmonté d'une aigrette sessile, érigée, formée de poils simples et serrés, assez notablement plus longue que le corps du fruit.

369. **Cypselites fractus** (pl. VIII, fig. 17).

C. achæniis stricte linearibus, basi breviter attenuatis, apice truncatis, medio longitudinaliter levissime sulcatis, pappo sessili piloso superatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'espèce diffère par le contour plus étroitement linéaire du corps de la graine dont la longueur totale mesure environ 7 millimètres. Le sommet nettement tronqué est surmonté d'une aigrette sessile, formée de poils très fins, brisés à une certaine distance de sa base.

370. **Cypselites trisulcatus** (pl. XX, fig. 6).

C. achæniis linearis-fusiformibus, 7 millim. longis, longitudinaliter sulcatis, apice vix attenuato truncatis; pappo sessili, ut videtur, casu autem destructe superatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'achaine est petit, long de 7 millimètres au plus, mais très nettement conservé ; il est linéaire-fusiforme, marqué de trois sillons longitudinaux ou carènes sur la face visible, tronqué au sommet et surmonté par les vestiges d'une aigrette qui a disparu. La figure grossie 6ª rend parfaitement ces détails.

371. **Cypselites spoliatus** (pl. VIII, fig. 19).

C. achænio parvulo, elliptico-lineari, sulco longitudinali medio notato, sursum in apicem obtuse attenuatum producto, pappo terminali casu forsan plane destituto.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Dans cette espèce, le corps de l'achaine, long de 6 millimètres, marqué d'un léger sillon médian longitudinal, linéaire-ellipsoïde, atténué supérieurement en un bec très obtus, ne présente aucune trace d'aigrette. Celle-ci a dû être accidentellement détachée. La figure grossie 14ª laisse bien voir ces caractères.

Si l'on fait abstraction de l'aigrette, les achaines de *Lactuca* affectent à peu près la même forme.

372. **Cypselites tenuirostratus** (pl. VIII, fig. 19).

C. achæniis minutis, ovalo-ellipticis, 5 millim. longis, striatis, sursum in rostrum apice truncatum angustatis; pappo terminali, ut videtur, nullo.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Le corps de l'achaine, long en tout de 5 millimètres, est ovale,

strié, atténué au sommet en un bec mince et tronqué supérieurement. Ce bec a dû supporter une aigrette, peut-être pédicellée, et dont il n'existe plus de trace.

Hieracites Sap.

Receptaculorum involucrorumque Compositarum fossilium vestigia.

373. **Hieracites stellatus** (pl. XVII, fig. 12-14).

H. involucri polyphylli bracteis linearibus, longioribus brevioribusque circa receptaculum achæniis post maturitatem spoliatum stellatim undique patentibus.

Calcaires marneux de la montée d'Avignon. — Très rare.

Malgré l'extrême petitesse de l'empreinte, il nous a paru, après un examen des plus attentifs, qu'elle représentait, non pas une fleur, mais un involucre polyphylle, à bractées linéaires, d'abord imbriquées, puis étalées et rayonnantes après la chute des achaines, ainsi qu'il arrive dans une foule de Composées, particulièrement chez les *Leontodon* et *Inula*, dans l'*Eupatorium cannabinum*, etc. Après la maturité et une fois vides et desséchés, les involucres de ces Composées s'ouvrent en étalant leurs bractéoles et présentent sensiblement le même aspect que l'échantillon fossile dont nos figures grossies, 12^b et 12^c, 13 et 14, reproduisent fidèlement la disposition et les caractères. Les bractées involucrales de l'*Eupatorium cannabinum* L. sont réduites à un très petit nombre, cinq à sept; mais l'involucre de l'*Inula pulicaria* L. ouvert et vu par-dessus, entouré de bractéoles lancéolées-linéaires, étalées et rayonnantes, dont nous figurons deux exemplaires (pl. XVI, fig. 15-16) comme termes de comparaison, fait voir que sauf la dimension et la terminaison plus acuminée des folioles, il n'existe aucune différence sensible entre l'ancien organe et celui d'une plante aujourd'hui commune au bord des ruisseaux. C'est à ce même genre *Inula* que l'on serait tenté de rapporter l'empreinte tertiaire.

374. **Hieracites nudatus** (pl. XX, fig. 5).

H. receptaculo post anthesin bracteolis involucralibus spoliato; achæniis flosculisve dense in acervum congestis adhuc superato.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'empreinte est difficile à interpréter, et pourtant elle nous semble, autant qu'il est possible d'en juger d'après la figure grossie de l'organe fossile (fig. 5[a]), représenter un réceptacle capitulaire dépouillé, après l'anthèse de sa collerette de bractéoles et supportant un faisceau pressé de fleurettes ou d'achaines, serrés les uns contre les autres. Un de ceux-ci se montre à l'écart des autres. Il est impossible d'affirmer rien de plus. Il est certain cependant que les capitules de Composées offrent souvent une disposition à peu près pareille, au moment de la dissémination des fruits.

OLEACEÆ

Olea L.

375. **Olea (Notelea?) grandæva** (pl. IX, fig. 7).

O. foliis oppositis, petiolatis, ellipticis, utrinque obtusis, integris, penninerviis; nervo primario distincto; secundariis plus minusve obliquis, ante marginem curvatis, conjunctoque areolatis; tertiariis reticulato-ramosis.

Calcaires marneux de la partie inférieure, au quartier de Saint-Donnat. Rare.

L'espèce est établie d'après un fragment de rameau auquel adhèrent encore plusieurs feuilles en partie détachées, mais visiblement opposées. Ce rameau ainsi que les feuilles, celles-ci par les détails de leur nervation, nous paraissent dénoter l'existence dans la flore d'Aix d'un *Olea* allié de près à l'*Olea excelsa* Ait. (*Picconia excelsa* DC., *Notelea excelsa* Webb), type arborescent remarquable des forêts canariennes.

FRAXINUS L.

376. **Fraxinus longinqua** (pl. IX, fig. 1-2).

L. foliolis membranaceis late ovato-oblongis, margine integris, penninerviis; nervo primario gracili; secundariis tenuibus, curvatis, secus marginem conjuncto-ramosis; tertiariis flexuosis, reticulatis; — samara parvula, breviter oblonga, utrinque obtusa, sursum autem emarginata, costæ mediæ tenui nervulisque longitudinaliter obscure delineatæ; locula seminifera basilari parum tumida.

Calcaires de la partie inférieure; montée d'Avignon. — Très rare.

La découverte d'une samare bien caractérisée, accompagnée d'un fragment de foliole, permet de reculer jusque dans l'éocène l'existence constatée des *Fraxinus* en Provence. — La samare que nous figurons de grandeur naturelle et grossie (fig. 1 et 1[a]), ne saurait être d'une attribution douteuse; elle est seulement fort petite, puisqu'elle mesure à peine 18 millimètres de long. Sa forme est oblongue, ellipsoïde-sublinéaire; la base est un peu plus large que le sommet distinctement émarginé. Les deux extrémités sont obtuses; l'endroit de la cavité séminifère est marqué par une coloration plus foncée de l'empreinte. Une nervure médiane assez peu distincte partage longitudinalement l'organe, dont la surface est occupée par des veinules très obliques et peu prononcées. Cette samare ressemble à celles du *Fraxinus oxyphylla* (*F. australis* Gay) de la France méridionale, dont elle ne diffère que par des proportions plus réduites.

Nous réunissons à la même espèce l'empreinte mutilée d'une foliole, entière sur les bords, de consistance membraneuse et dont la nervation reproduit fidèlement celle des *Fraxinus*. La forme actuelle la plus analogue serait le *Fraxinus americana* L. (*Ornus americana* Bosc) qui représente en Amérique le type de notre *F. ornus* et porte des folioles entières comme l'auraient été celles de l'espèce fossile que nous signalons.

APOCYNACEÆ

Nerium L.

377. Nerium exile (pl. IX, fig. 4-5, et XVI, fig. 24).

N. foliis firmis, vix petiolatis, sensim utrinque attenuatis, penninerviis; nervis secundariis multiplicibus subtilibusque, e costa media sub angulo fere recto emissis, ad marginem cartilagineo-cinctum decurrentibus, venulis obliquissime emissis flexuoso-ramulosis inter se religatis; — fructu folliculari-bivalvi, crasse pedunculato, valvis ad maturitatem secessis, parvulo, elongato, apice obtusato, longitudinaliter striato, deorsumque in pedicellum attenuato; — seminibus parvis e nucula breviter ovata, pappo comoso superata constantibus.

Nerium repertum ex parte) Sap., *Révis.*, p. 155, pl. X, fig. 6; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 57 (*quoad exemplaria*, fig. 6).

Calcaires marneux de la montée d'Avignon et calcaires de la partie inférieure. Très rare.

Nous avons fait connaître, sous le nom de *Nerium repertum*, une espèce de Laurier-rose provenant des lits supérieurs du gisement d'Aix; mais parmi les trois feuilles de ce *Nerium* que nous avons figurées, il en est une plus étroite et plus linéaire qui pourrait bien être réunie à notre *Nerium exile*. Celui-ci provient des calcaires marneux de la montée d'Avignon, c'est-à-dire de l'extrême base du gisement, et nous croyons posséder non seulement une de ses feuilles, mais encore son fruit et sa graine.

La feuille (fig. 4 et 4a) est remarquablement petite; mais sous des dimensions très réduites, même en comparaison du *Nerium parisiense*, une des plus naines du genre, puisqu'elle ne mesure en tout que 35 millimètres de longueur, elle présente tous les caractères distinctifs des feuilles de *Nerium*. La surface est glabre, le pétiole presque nul, le bord accompagné d'une mince ceinture cartilagineuse, la forme du contour lancéolée-linéaire, atténuée-obtuse aux deux extrémités. Les nervures secondaires sont nombreuses, déliées, émises

sous un angle très ouvert, elles vont aboutir à la marge; mais, avant de l'atteindre et dans l'intervalle qui les sépare, elles donnent lieu à un réseau veineux des plus fins, reproduit par notre figure grossie 4ᵃ, et qui se trouve exactement conforme à celui des feuilles de *Nerium*.

Pour bien comprendre le fruit que nous rapprochons de la feuille précédente, il faut se rappeler que les follicules allongés et cylindroïdes des *Nerium*, une fois parvenus à maturité, s'ouvrent et se séparent en deux valves qui s'étalent à plat et tombent en effectuant la dispersion des semences. Chaque valve ou moitié de follicule porte au sommet un bec court et obtus qui répond au style, et la face dorsale ou extérieure de la valve, légèrement convexe, est sillonnée de stries longitudinales délimitant autant de costules qui s'écartent légèrement vers le milieu de l'organe et convergent à son sommet. Une empreinte présentant les caractères que nous venons de décrire et dénotant par cela même un follicule de *Nerium* a été recueillie dans les calcaires situés à la base des gypses d'Aix; c'est celle que représente notre figure 5. Elle est surtout remarquable par sa faible dimension, qui égale à peine le tiers des fruits de notre *Nerium Oleander* L. On peut dire cependant que le contour de l'organe fossile est moins allongé, moins cylindrique, avec une terminaison apicale plus obtuse et une base plus longuement atténuée que dans l'espèce vivante. Cette petite taille est justement en rapport avec la faible dimension de la feuille qui, par son apparence, semble tenir le milieu entre l'espèce des Indes et celle de la Méditerranée. Nous attribuons encore à notre *Nerium exile* une graine surmontée d'une longue aigrette (pl. XVI, fig. 24), dont la nucule ovale et le mode d'implantation de l'aigrette même se trouvent en concordance avec ce qui existe à cet égard chez les *Nerium*. Cette graine, par sa taille, se trouve en rapport avec le follicule de notre *Nerium exile* et son attribution à cette espèce n'est pas dénuée de probabilité.

APOCYNOPHYLLUM Ung.

378. **Apocynophyllum macilentum** (pl. IX, fig. 6).

A. foliis petiolatis elliptico-lineari-lanceolatis, utrinque obtusis, penninerviis; nervis secundariis plurimis, subobliquis, venulis mediantibus inter se religatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

C'est une petite feuille, allongée, ellipsoïde, lancéolée-obtuse, entière sur les bords, à nervures secondaires fines et multipliées que nous rangeons avec quelque doute parmi les Apocynacées.

BIGNONIACEÆ

Les graines et les fruits, ailés ou samaroïdes, recueillis dans le gisement d'Aix et dont l'action du vent a certainement favorisé le passage à l'état fossile, n'ont été, pour la plupart, déterminés que par degrés. C'est ainsi que les *Palæocarya* ou *Engelhardtia* tertiaires ont été d'abord tenus pour des samares de *Carpinus*, que les fruits d'Ailantes furent considérés en premier lieu par nous comme assimilables à des graines de *Rhopala*. Il en aura été de même des graines de Bignoniacées que leur petitesse a longtemps dérobées à notre attention, et dont il a été impossible pourtant, l'éveil une fois donné, de méconnaître les caractères. Ces caractères clairement saisissables démontrent la présence à Aix de plusieurs espèces de *Catalpa* dont les feuilles n'auraient pas été encore rencontrées. Il est cependant possible qu'une feuille décrite précédemment sous le nom de *Sterculia tenuiloba* (1) ait plutôt appartenu à un *Catalpa* assimilable au *C. Kæmpferi* Lieb. et Zucc., mais plus encore au *C. Bungei* C. A. Mey. Il est aussi parfaitement concevable que la corolle figurée par nous antérieurement sous le nom de *Jasminum palæanthum* (2) repré-

(1) Sap., *Ét.*, I, p. 120; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ série, t. XVII, p. 275, pl. X, fig. 2.
(2) Voy. *Révis.*, p. 153; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 55, pl. 10, fig. 4.

sente en réalité la corolle de l'une des espèces de *Catalpa* dont nous allons décrire les semences.

CATALPA Juss.

Il ne saurait y avoir de doute au sujet de l'attribution des organes décrits ci-après. Ce sont des semences de *Catalpa* de très petite taille, emportées par le vent et déposées au fond des anciennes eaux.

379. **Catalpa microsperma** (pl. VIII, fig. 9-14).

C. seminum minutorum nucleo compresso, arcte ellipsoideo, utrinque in appendiculum pilosum, angustissime elongatum, tenuissime angustatum exeunte.

Çà et là dans les schistes à Aix et à Saint-Hippolyte.

La graine est des plus petites, et cette petitesse l'a fait longtemps passer inaperçue, bien que les empreintes n'en soient pas très rares. Elle offre tous les caractères visibles de celles du *Catalpa Bungei* C. A. Mey., qui sont presque aussi menues, avec un nucléus ellipsoïde allongé, un raphé transverse et un appendice poilu aux deux extrémités, étroit et long, disposé comme dans les empreintes fossiles. Le *C. longissima* Sim. offrirait un terme de comparaison encore plus frappant. — On voit, en examinant les échantillons d'Aix, que l'imbibition a conglutiné les poils des appendices en un étroit faisceau, dont la composition devient saisissable à l'aide d'un fort grossissement, comme le font voir nos figures 9[a] et 10[a], planche VIII. Notre *Sterculia tenuiloba*, comme nous l'avons déjà dit, représente peut-être la feuille de cette espèce, qui aurait été alliée, de plus ou moins près, à la forme japonaise actuelle.

380. **Catalpa palæosperma** (pl. VIII, fig. 7, 8 et 15).

C. seminorum parvulorum nucleo compresso elliptico, hylo transver-

sim notato, lateraliterque emarginato in appendicem pilosum utrinque expanso.

Çà et là dans les calcaires marneux de la partie inférieure. — Assez rare.

La graine de cette autre espèce est moins étroite et moins allongée. Son contour dessine une ellipse plus largement arrondie, et le raphé transverse donne lieu à une échancrure latérale plus visible. L'appendice poilu des deux extrémités est aussi moins étroit dans l'un des exemplaires (fig. 8). Les poils ne laissent voir que des vestiges; cependant il semble bien que cet échantillon et celui de la figure 11 aient dû faire partie, ainsi que l'empreinte, figure 7, d'une seule et même espèce, comparable par ses graines au *Catalpa Kæmpferi* Sieb. et Zucc., originaire du Japon et de l'Asie orientale.

MYRSINEÆ

Nous continuons à donner les preuves indicatrices de la présence des Myrsinées dans la flore d'Aix. Les vestiges de fleurs ayant les caractères de celles de ce groupe, actuellement étranger à l'Europe, prendront place dans un genre à part, sous le nom de *Myrsinites*.

MYRSINE L.

381. **Myrsine subretusa** (pl. IX, fig. 13).

M. foliis coriaceis, punctulatis, parvulis, breviter petiolatis, rotundato-cuneatis, margine superiori latiore subretusoque acute inciso-denticulatis; nervulis ramoso-reticulatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

L'espèce ne se distingue par aucun caractère visible du *Myrsine retusa* Vent., des Canaries, sauf que la feuille fossile est un peu plus arrondie, plus élargie au sommet et plus courte. La consistance, les ponctuations, la forme du pétiole sont absolument semblables des deux parts. Le sommet arrondi et un peu rétus est incisé à denticules pointues et

nombreuses qui offrent l'aspect de celles du *Myrsine retusa*. Il est donc impossible de ne pas voir, dans la forme d'Aix que nous signalons, un ancêtre direct de l'espèce actuelle des Açores. — Le *Myrsine subretusa* tient de près, par cela même, au *M. celastroides*, que nous avons signalé dans les calcaires littoraux du bassin de Marseille, et qui reparaît souvent dans le tongrien et le miocène inférieur. Toutefois, les exemplaires figurés par nous (1) nous ont paru intermédiaires aux *Myrsine africana* et *retusa*, tandis que le *M. subretusa* se confond presque avec ce dernier, et mérite, par cela même, une dénomination à part, bien qu'il s'agisse évidemment ici d'un groupe de formes alliées de fort près. Le type du *Myrsine africana* est représenté, à Aix, par le *M. spinulosa* (2), et l'espèce suivante nous montrera un autre type appartenant toujours au même groupe de *Myrsine* indo-africain, dont la présence en Europe, vers la fin de l'éocène, est mise ainsi tout à fait hors de doute.

382. **Myrsine pachyderma** (pl. XVI, fig. 3).

M. foliis coriaceis, petiolatis, breviter lanceolatis, secus marginem antice denticulatis; nervo primario cum secundariis oblique emissis reticulatique plerumque immersis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Voici encore un type de *Myrsine* voisin du précédent par sa feuille petite, coriace, aux nervures obliquement émises et réticulées. Le bord est entier inférieurement et denticulé dans le haut. Cette feuille, trouvée une seule fois, nous semble distincte de la précédente, bien qu'elle rentre dans la même catégorie.

383. **Myrsine miranda** (pl. IX, fig. 10-11).

M. foliis coriaceis, petiolatis, lanceolatis, obtuse utrinque attenuatis,

(1) *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. III, pl. V, fig. 11.
(2) *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 110; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ série, t. XVII, pl. II, fig. 1.

margine sparsim denticulatis; nervis secundariis oblique reticulato-ramosis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Cette espèce, remarquablement caractérisée et fort rare, a été recueillie par M. le professeur Philibert. Elle dénote une forme très voisine du *Myrsine acuminata* Sap., qui est bien plus petit par toutes les proportions de sa feuille, avec une terminaison acuminée dans les deux sens, et des dentelures plus saillantes (1). La feuille du *M. miranda* est lancéolée-ellipsoïde, obtusément atténuée au sommet comme à la base, qui laisse voir l'origine du pétiole. Le bord est denticulé, à dents épineuses, irrégulièrement espacées et peu saillantes. La consistance a dû être coriace et glabre, la nervure médiane est assez épaisse; les nervures secondaires, assez obliquement émises, sont fines, multipliées; elles se ramifient par dichotomie et s'anastomosent avant la marge, en donnant lieu à un réseau à mailles allongées, entre lesquelles s'étendent des veinules toujours obliquement dirigées. Les détails du réseau concordent avec ce que montrent les *Myrsine*, particulièrement le *M. semiserrata* Wall., des Indes, et les plus grandes formes du *M. Bottensis* DC., qui habite à la fois l'Yémen et l'Abyssinie. Le *Myrsine miranda* Sap. est plus voisin du premier par la forme des feuilles, du second par la disposition des nervures; mais il reproduit certainement ce même type de *Myrsine*, plus spécialement indo-africain.

384. **Myrsine punctulata** (pl. XVIII, fig. 2).

M. foliis coriaceis, petiolatis, obovatis, apice obtusatis, basi in cuneum breviter attenuatis, integris, tenuissime punctulatis; nervo primario sat valido; secundariis tenuibus, plurimis, ante marginem in reticulum solutis, venulis oblique furcatis mediantibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous pensons reconnaître encore un *Myrsine* dans une

(1) *Ét.*, I, p. 111; *Ann. sc. nat.*, 4[e] série, t. XVII, p. 264, pl. XI, fig. 5.

empreinte de feuille obovée-obtuse, atténuée en coin sur un court pétiole, dont notre figure 2[a], planche XVIII, reproduit fidèlement la nervation grossie et les fines ponctuations caractéristiques. La disposition du réseau veineux semble justifier l'attribution proposée.

385. **Myrsine reperta** (pl. XIII, fig. 1).

M. foliis petiolatis, elliptico-lanceolatis, integerrimis, penninerviis; nervo primario gracili; secundariis plurimis, tenuibus, oblique emissis, ante marginem conjuncto-areolatis, in reticulum venulis oblique directis mediantibus solutis.

Calcaires marneux de la montée d'Avignon. — Très rare.

Voici encore une feuille ovale-lancéolée-ellipsoïde, atténuée-obtuse, à la base comme au sommet, pétiolée et entière sur les bords, qui semble présenter la disposition du réseau caractéristique des *Myrsine*. L'attribution que nous en faisons à ce groupe ne laisse pas pourtant que d'être entachée de quelque doute.

MYRSINITES Ett.

Florum vestigia Myrsineis, ob adspectum structuramve, verosimiliter referenda.

386. **Myrsinites primævus** (pl. XX, fig. 8).

M. floribus parvulis, pedunculatis, e calyce tetramero 4-fido dentibus obtuse acutis, corollaque gamopetala, breviter campanulata, 4-lobato-partita lobis erecto-conniventibus obtusisque, calyci imposita constantibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous croyons pouvoir reconnaître une fleur de Myrsinées dans l'organe fossile, grossi par notre figure 8[a], planche XX; il consiste en un calice pédonculé à quatre dents, qui entoure la base d'une corolle gamopétale à quatre divisions, alternant avec les lobes calicinaux. Les divisions de la corolle sont

assez profondes, érigées, conniventes et obtuses à leur sommet. Il semble que dans le haut on aperçoive les traces de deux filets érigés et exserts, indiquant soit deux stigmates, soit deux supports d'étamines dépouillés de leurs anthèses. Il nous a été impossible de fixer une détermination plus précise.

387. **Myrsinites palæanthus** (pl. XVII, fig. 21).

M. corolla gamopetala, rotacea, minima, pentamera; lobis stellato-patentibus, breviter obtuse lanceolatis; staminibus quinque segmentis corollæ oppositis incumbentibusque.

Schistes de la partie supérieure. — Très rare.

On aperçoit distinctement l'empreinte d'une corolle gamopétale rotacée, à cinq divisions étalées, lancéolées-obtuses, peut-être encore adhérente à un disque calicinal. Cette corolle est pourvue de cinq étamines à filets très courts ou nuls, dont les anthères étroites et acuminées se trouvent distinctement opposées aux lobes de la corolle et appliquées sur eux. Le dernier caractère dénote une affinité soit avec les Primulacées, soit avec les Myrsinées et les Sapotacées, qui se distinguent de la plupart des autres Gamopétales par leurs étamines opposées aux divisions de la corolle. Il nous a été impossible d'arriver à une détermination moins approximative. La structure apiculée des anthères allongées et conniventes se retrouve chez les Myrsinées et donne quelque vraisemblance à notre attribution présumée.

SAPOTACEÆ

Bumelia L.

388. **Bumelia Oreadum** Ung., *Gen. et sp. pl. foss.*, p. 435; *Foss. Fl. v. Sotzka*, p. 172, tab. 43, fig. 7-11 (pl. IX, fig. 14).

B. foliis coriaceis, breviter petiolatis, obovato-cuneatis, apice paulisper emarginato integris.

Schistes marneux feuilletés de la partie inférieure. — Très rare.

Nous figurons cette espèce signalée en premier lieu à Sotzka, puis à Hæring et à Sagor par Ettingshausen, mais nouvelle pour la flore d'Aix. Elle est comparée par M. d'Ettingshausen au *Bumelia nervosa* Vahl., de l'Amérique méridionale ; on peut aussi la rapprocher de *B. retusa* Sw.

389. **Bumelia expansa** (pl. IX, fig. 12).

B. foliis petiolatis petiolo gracili, late obovatis, basi in petiolum sensim attenuatis, apice orbiculato paulisper emarginatis, penninerviis; nervo primario gracili; secundariis numerosis, tenuibus, oblique emissis, flexuosis, ante marginem integerrimum ramoso-anastomosatis; venulis reticulum areolis contermine flexuosis compositum formantibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Nous distinguons cette jolie espèce du *Bumelia subspathulata* Sap., décrit et figuré dans la Révision (1), dont elle se rapproche évidemment ; mais la feuille est ici plus ample, plus élargie au sommet, dont le contour orbiculaire présente une échancrure terminale bien prononcée. Les nervures secondaires sont aussi plus nombreuses, plus flexueuses, et suivent une direction plus ascendante. Ce sont là pourtant des formes visiblement alliées.

390. **Bumelia minuta** (pl. XIII, fig. 7).

B. foliis parvulis, vix petiolatis, obovatis, fere spathulatis, basi in petiolum attenuatis, integris, penninerviis ; nervis secundariis sub-obliquis, tenuibus, ante marginem reticulato-ramosis ; tertiariis subtilibus, flexuosis, transversim oblique decurrentibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Petite feuille obovée, subspathulée, à nervures obliques très finement réticulées, qui nous semble distincte du *Bumelia Oreadum* et tient le milieu entre celui-ci et le *Bumelia subspathulata*, si répandu dans la flore d'Aix.

(1) *Révis.*, p. 160; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 62, pl. X, fig. 18-22.

(129) Bumelia subspathulata Sap., *Révis.*, p. 160; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 62, pl. X, fig. 18-22. — Pl. XII, fig. 3-5.

Nous figurons de nouveaux exemplaires de cette espèce pour les faire servir de termes de comparaison avec les deux précédentes. Nous avons comparé le *B. subspathulata* au *Bumelia retusa* Sprgl. et *atrovirens* Lam.

STYRACEÆ

Styrax L.

391. **Styrax atavium** (pl. IX, fig. 9).

S. foliis verosimiliter membranaceis, breviter petiolatis, late ovatis, integris, penninerviis; nervo medio gracili; secundariis sparsis, sub angulo aperto emissis, ante marginem curvatim arcuatis; venulis tenuissimis transversim flexuosis mediantibus inter se conjunctis, in areolas multiplices tandem solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La persistance d'un *Styrax*, *S. officinale* L., sur le sol provençal ajoute de la vraisemblance à la présomption de l'ancienne existence dans la flore d'Aix d'un genre maintenant confiné de préférence dans les parties chaudes des deux continents. Le *Styrax officinale* L., de la région méditerranéenne, s'avance au nord jusqu'en Dalmatie et atteint en France les environs de Toulon à l'aide de colonies éparses. C'est de cette forme demeurée indigène, que nous rapprochons une feuille, isolée, il est vrai, et malheureusement mutilée dans le haut; mais dont les caractères de forme et de nervation, de même que le pétiole, retracent fidèlement ce qui existe dans les feuilles du *Styrax officinale*, dont nous posséderions ainsi l'ancêtre direct.

Unger dans son *Sylloge* (1) a figuré, sous le nom de *Styrax boreale*, une espèce de Parschlug qui manifeste les mêmes

(1) *Sylloge*, III, p. 33, tab. XI, fig. 11-13.

affinités que la nôtre. Celle-ci nous semble pourtant avoisiner de plus près encore le *Styrax officinale* par le contour extérieur du limbe et la dimension réduite du pétiole, de même que par tous les détails visibles du réseau veineux. C'est à la face inférieure de cette feuille que nous avons observé le *Phyllerium inquinans*, distribué en taches irrégulières.

EBENACEÆ

Diospyros L.

392. **Diospyros varians** Sap., *Ét.*, II, p. 107; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ sér., t. III, p. 111, pl. IV, fig. 14, et pl. VI, fig. 4; *Ét.*, III, p. 91; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ sér., t. VIII, p. 91, pl. X, fig. 7-8 (pl. XIII, fig. 3).

Calcaires en plaques du quartier des Pinchinats. — Très rare.

Nous constatons la découverte de cette espèce, signalée par nous à Saint-Jean-de-Garguier, Fénestrelles, Allauch, ainsi qu'à Manosque où elle abonde, dans la flore d'Aix ; mais elle y est fort rare et l'empreinte unique que nous figurons provient du quartier des Pinchinats qui constitue vers l'est l'extrême limite de la zone fossilifère. Sur ce point, le voisinage de l'ancienne plage et l'embouchure probable d'un affluent sont reconnaissables à de vastes accumulations de galets associés à un limon rougeâtre et constituant une masse de pouddingues-inconsistants. Les lits calcaires qui ont fourni, dans cette direction, un certain nombre d'empreintes végétales, nouvelles ou intéressantes, ne sont qu'un prolongement latéral de ceux qui supportent vers Entremont le groupe des gypses exploités et répondent à ce que nous avons nommé la partie inférieure de la formation.

393. **Diospyros multinervis** (pl. X, fig. 4-5).

D. foliis firmis, petiolatis, ellipticis, latoque ellipticis, utrinque rotundatis, integerrimis, penninerviis; nervis secundariis sub angulo aperto aut fere recto emissis, postea leniter curvatis, secus marginem curvato-anastomosatis; nervis secundariis abbreviatis e costa media ortis cum

tertiariis oblique transversim reticulatis conjunctis; venulis in rete areolis irregulariter trapeziformibus tandem solutis.

Calcaires et schistes de la partie inférieure. — Assez rare.

Nous reconnaissons encore un *Diospyros*, très différent des *Diospyros lotus* et *Virginiana*, mais reproduisant sous un autre aspect les traits caractéristiques de la nervation de ces espèces, dans une forme élégante dont nous figurons deux exemplaires, l'un (fig. 4) plus large et plus orbiculaire, l'autre (fig. 5) de moindre dimension et plus ellipsoïde; mais tous deux reproduisant évidemment le même type. Le bord est entier; le pétiole est assez long; les nervures secondaires, nombreuses et émises sous un angle très ouvert, se recourbent et s'anastomosent le long de la marge. Des nervures directement sorties de la médiane courent dans l'intervalle des secondaires proprement dites et s'anastomosent avec les tertiaires qui sont obliquement transversales, ramifiées, et donnent lieu en se subdivisant à un réseau à mailles irrégulièrement trapéziformes. Ce réseau n'est pas sans analogie avec celui de l'espèce suivante. Après examen, l'attribution générique que nous proposons nous a paru la plus naturelle ou du moins la moins invraisemblable; mais nous sommes loin d'affirmer qu'on ne puisse en rencontrer d'autres.

(132) DIOSPYROS CORRUGATA Sap., *Révis.*, p. 162; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 64, pl. X, 23. — Pl. X, fig. 6.

Calcaires de la partie inférieure.

Nous figurons une seconde feuille, plus grande et mieux caractérisée que la première, de cette espèce qui semble se rattacher au *Diospyros lanceolata* Poir., par les caractères visibles de forme et de nervation, sous des dimensions plus restreintes.

ERICACEÆ

ANDROMEDA L.

(142) ANDROMEDA SUBTERRANEA Sap., *Révis.*, p. 171; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, pl. XI, fig. 26-35. — Pl. XVII, fig. 1.

La nouvelle feuille que nous figurons ici nous paraît conforme aux précédentes dont elle semble confirmer l'attribution. Elle provient des plaques schisteuses de la partie inférieure du gisement.

(144) ANDROMEDA ATAVIA Sap., *Révis.*, p. 172; *Ann sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 74, pl. XI, fig. 48-49. — Pl. XV, fig. 10.

Nous figurons une nouvelle empreinte attribuable à cette espèce et assimilable surtout à la figure 48, planche XI, de la Révision.

394. **Andromeda adjuncta** (pl. IX, fig. 15).

A. foliis mediocriter petiolatis, coriaceis vel sin minus firme membranaceis, lato-ellipticis, integerrimis, penninerviis; nervo primario distincto; secundariis fere immersis, sub angulo aperto emissis, flexuosis, ramoso-reticulatis, in rete venosum tenue ante marginem solutis.

Schistes feuilletés de la partie inférieure. — Très rare.

La forme, la consistance et les détails de la nervation, difficiles à percevoir, il est vrai, font reconnaître dans cette feuille un *Andromeda* du type des *Leucothoe*, comparable également aux *Zenobia* par le contour du limbe. Le pétiole est médiocrement long et assez mince; le contour général elliptique, un peu plus atténué-obtus vers le sommet qu'à la base. Le bord, parfaitement entier, est cerné par un ourlet cartilagineux et faiblement ondulé dans le haut. Les nervures secondaires, peu visibles, sont comme noyées dans l'épaisseur du parenchyme : elles se ramifient et se résolvent en un réseau compliqué. La forme vivante la plus analogue, parmi les Leucothoées, serait le *L. revoluta* DC., espèce du Brésil.

395. **Andromeda adscribenda** (pl. XI et XII, fig. 8).

A. foliis coriaceis, ellipticis, utrinque obtusis, integerrimis; nervo primario gracili; secundariis plurimis, immersis, sub angulo aperto emissis, ramosis, conjuncto-areolatis.

ANDROMEDA SUBTERRANEA Sap. (ex parte), *Révis.*, p. 171; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 73, pl. XI, fig. 26-27, *quoad specimina foliis apice obtusatis.*

Calcaires de la partie inférieure et gisement de Venelles. — Assez rare.

Nous séparons, à titre d'espèce distincte, de l'*Andromeda subterranea*, à cause de la terminaison obtuse du sommet de la feuille, une empreinte recueillie dans le gisement de Venelles et que nous avons soin de figurer. Nous lui rapportons, comme devant appartenir à la même espèce, les empreintes figures 26 et 27, planche XI, de la Révision et nous appliquons à cette forme dont l'attribution aux *Andromeda* de la section *Leucothoe* est parfaitement naturelle, la dénomination d'*Andromeda adscribenda*.

VACCINIEÆ

VACCINIUM L.

(147) VACCINIUM AQUENSE Sap., *Révis.*, p. 173; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, pl. XI, fig. 40-41, et XII, fig. 12. — Pl. IX, fig. 8.

Ce n'est pas sans un peu d'hésitation que nous rapportons au *Vaccinium aquense* deux nouvelles empreintes de feuilles, plus grandes et plus larges que les précédentes, mais offrant le même aspect et la même disposition du réseau veineux.

396. **Vaccinium admissum** (pl. XVI, fig. 13).

V. foliis firmis, petiolatis, elliptico-oblongis, integerrimis, bas obtusis, apice attenuato breviter sensim acuminatis, subtus punctulatis, penninerviis; nervo primario gracili; secundariis sparsis, oblique emissis, secus marginem curvatis, arcu obtuso inter se conjuncto-areolatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'empreinte recueillie par M. Philibert dénote une espèce voisine du *Vaccinium aquense;* mais la feuille est plus allongée, plus atténuée en pointe dans le haut, munie de nervures plus obliques et plus ascendantes. On doit la comparer au *Vaccinium resinosum* Michx, des environs de New-York, dont elle diffère par une consistance visiblement plus ferme et des nervures plus allongées, enfin par un réseau veineux moins complexe. Les ponctuations de la face inférieure sont très nettes et multipliées, comme dans un grand nombre de *Vaccinium* actuels.

397. **Vaccinium minutifolium** (pl. VII, fig. 10).

V. foliis minutissimis, coriaceis, orbiculatis, vix petiolatis, marginibus subtus revolutis; nervo primario valido, cæteris ante marginem areolatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Feuille très petite, presque sessile, arrondie, de consistance coriace, dénotant un *Vaccinium* rapproché du *Vaccinium parvulum*, de la flore d'Aix, mais spécifiquement distinct.

(151) Vaccinium parvulum Sap., *Révis.*, p. 175; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, pl. LXXVII, pl. XI, fig. 43-46. — Pl. XV, fig. 16.

La nouvelle empreinte que nous figurons ici nous semble devoir être réunie à notre *Vaccinium parvulum:* la feuille est petite, distinctement pétiolée, arrondie et rongée naturellement d'un côté. Les nervures secondaires, émises sous un angle très ouvert, forment de larges aréoles en se repliant le long de la marge.

398. **Vaccinium numullarium** (pl. VII, fig. 9).

V. foliis breviter petiolatis, obovato-suborbiculatis; nervo primario tenui; secundariis oblique reticulatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Feuille indiquant une espèce particulière de *Vaccinium*.

DIALYPETALÆ

ARALIACEÆ

Le rôle important dévolu aux Araliacées, dans la flore d'Aix, a été mis en lumière par une série de découvertes curieuses. A côté d'un *Hedera*, proche allié de celui qui n'a cessé d'habiter notre continent, il existait certainement à Aix des *Aralia* à grandes feuilles palmatipartites, comparables aux formes ornementales de l'Afrique australe et de la région chinoise. La dimension même des empreintes recueillies devient un obstacle à leur reproduction. Ce côté original de l'ancienne végétation du temps des gypses mérite pourtant d'être signalé. Précédemment déjà Unger avait observé les vestiges d'une remarquable feuille d'*Aralia*, nommée par lui *Cussonia polydris*, dans le gisement de Coumi, un peu plus moderne que celui d'Aix, mais qui se rattache à ce dernier par une liaison incontestable.

Aralia L.

α. Foliis digitatis.

399. **Aralia transversinervia** (pl. XI et XII, fig. 3).

A. foliis digitatis, foliolis elongatis, lanceolatis, firmis, margine, dentatis, dentibus sparsis, basi in cuneum integrum attenuatis; nervis secundariis sub angulo aperto emissis, plurimis, secus marginem conjuncto-areolatis, venulis obliquis inter se religatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Nous établissons cette espèce d'après une empreinte isolée de foliole, rongée sur l'un des bords vers le milieu, déchirée à la base et atténuée en coin dans cette direction; elle semble dénoter une foliole d'*Aralia* par tous les caractères visibles. Le *Cussonia paniculata* Eckl., du Cap, et plusieurs autres Araliacées présentent des folioles très analogues.

400. Aralia corrugata (pl. X, fig. 3).

A. foliis digitatis, foliolo casu supra basin inciso, limbi incisura articulationem simulante, cæterum lanceolato, deorsum in petiolum attenuato, sparsimque margine parceque denticulato; nervis secundariis tenuibus, sub angulo aperto emissis, arcuatim areolatis; tertiariis in rete flexuosum solutis, ægre perspicuis.

Schistes feuilletés de la partie inférieure. — Rare.

On dirait à première vue une feuille de *Citrus*, à limbe articulé sur le sommet d'un pétiole ailé. En réalité, il n'existe pas d'articulation proprement dite; mais une découpure accidentelle qui divise le limbe au-dessus de la base atténuée de la foliole. La forme, la consistance et la nervation de l'empreinte dénotent, à ce qu'il nous paraît, une foliole d'*Aralia* que nous ne signalons cependant qu'avec un certain doute.

(155) ARALIA (CUSSONIA?) RETINERVIS Sap., *Révis.*, p. 177; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 79, pl. XIII, fig. 2. — Pl. XI, fig. 5.

Nous figurons une nouvelle foliole de cette espèce, extraite des calcaires en plaques fissiles de la partie inférieure au gypse.

(156) ARALIA SPINULOSA Sap., *Révis.*, p. 177; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 79, pl. XII, fig. 10. — Pl. XI, fig. 4.

Calcaires marneux inférieurs aux gypses. — Rare.

Nous rapportons une nouvelle foliole à cette espèce d'*Aralia*, comparée par nous au *Panax longissimum* de Unger et, parmi les formes actuelles, au *Paratropia æsculifolia* Strak. et Wint., du Kumaon.

β. *Foliis palmato-partitis.*

(152) ARALIA MULTIFIDA Sap., *Révis.*, p. 175; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 77.

Schistes et calcaires de la partie inférieure du gisement. — Assez rare.

Cette très belle forme d'*Aralia*, figurée une première fois

dans la première partie de nos *Études* (*Ét. sur la vég. tert.*, p. 115, pl. XII, fig. 1 ; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 268), a été rencontrée de nouveau, représentée par un remarquable exemplaire de feuille dont nous avons donné une réduction dans notre livre : *le Monde des plantes*. Cette feuille, conforme à celle que nous avions reproduite en premier lieu, mais un peu plus petite, se trouve divisée en cinq segments au lieu de sept. Par le mode d'incisure et l'élégance des partitions de ses feuilles, cette espèce rappelle l'*Aralia papyrifera*, de la région chinoise.

(154) ARALIA REDIVIVA Sap., *Révis.*, p. 176; *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 78, pl. XIII, fig. 1.

Calcaires de la partie inférieure.

Un nouveau fragment, plus considérable et moins incomplet, d'une feuille de cette remarquable espèce a été recueilli dernièrement. Elle devait être fort grande et ne mesurait pas moins de 40 centimètres de largeur, dans son intégrité. Ces dimensions s'opposent à la reproduction de l'empreinte qui présente deux segments latéraux divergents et dentés-sinueux, ayant fait partie d'un limbe foliaire profondément divisé.

401. **Aralia aquisextana** (pl. XI et XII, fig. 1-2).

A. foliis palmato-partitis, longe valideque petiolatis; nervis vel costis primariis septem ex apice petioli radiantibus in segmenta totidem decurrentibus; segmentis latioribus, obtusis, hinc indc sinuato-lobulatis, mediis vix ultra medium usque divisis, sinu angusto obtusoque separatis, lateralibus inferis plus minusve alte coalitis.

Calcaires de la partie inférieure. — Assez rare.

Deux exemplaires fort curieux et relativement complets, sans compter les lambeaux épars, permettent de se faire une idée de cette espèce, une des plus remarquables qu'ait encore fournies la flore d'Aix.

Les feuilles diffèrent des précédentes par leur aspect, leur mode de partition et les détails de leur nervation. L'une d'elles

(fig. 2), dont le limbe est lacéré, bien que reconnaissable, a l'avantage de laisser voir le pétiole, qui est relativement large, longitudinalement strié, et qui devait être engainant à la base, comme celui de tous les *Aralia*. Ce pétiole, dilaté au sommet, donne lieu à sept nervures principales, qui s'irradient en parcourant le limbe dans autant de segments larges, obtus et assez peu profondément divisés, séparés l'un de l'autre par des sinus obtus, relativement étroits. Chaque segment, pris à part, se trouve pourvu de lobules courts et irréguliers (fig. 1). Les segments médians sont plus profondément divisés que les latéraux inférieurs. Les feuilles de l'*Aralia aquisextana*, dont la figure 1, planches XI et XII, offre un très bel exemple, se rapprochent sensiblement des formes chinoises du genre, qui sont frutescentes et dont l'espèce fossile d'Aix devait affecter le port.

γ. ***Fructus.***

402. **Aralia paratrapiæformis** (pl. XIV, fig. 4).

A. fructu baccato minuto, sat breviter pedicellato, turbinato, obscure 6-carinato, disco epigyno, breviter conico muticoque superato.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Il nous semble difficile de méconnaître le fruit, détaché de sa panicule et pédicellé, d'une Araliacée voisine des *Paratropia* dans l'empreinte que reproduit notre figure 4, planche XIV, et dont la figure grossie 4ᵃ montre l'aspect et les détails caractéristiques. La petite baie, turbinée, ovoïde et anguleuse, se trouve surmontée d'un disque épigyne conique dont la terminaison un peu obtuse semble dépourvue de vestiges des styles. Ce fruit offre une parfaite analogie avec ceux des *Paratropia;* il n'y a, pour s'en convaincre, qu'à le rapprocher du fruit de *Paratropia* figuré par nous, comme terme de comparaison, planche XII, figure 14, de notre Révision (1).

(1) Voy. *Révis.*, p. 179; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 81, pl. XII, fig. 14 β.

403. Aralia cristata (pl. XI et XII, fig. 6).

A. fructu capsulari, ovato-quinquangulari, angulis crista cartilaginea marginatis, disco epigyno angulatim conico, stylis 3 divergentibus basi connatis superato.

Marnes de la montée d'Avignon. — Très rare.

Nous signalons encore comme se rapportant à une Araliacée, un petit fruit dont la structure n'est pas très nette et la taille fort réduite.

Il semble présenter cinq angles relevés en une bordure cartilagineuse, étroite et découpée en forme de crête. Chacun de ces angles donne lieu supérieurement à une pointe terminale et au milieu de ces pointes s'élève un disque épigyne conique, terminé par trois styles connés à la base, dont les parties libres sont divariquées et dilatées au sommet. Nous ne saurions indiquer pour ce fruit aucune assimilation un peu directe avec ceux des genres actuels d'*Aralia*.

HEDERA L.

404. Hedera Philiberti Sap., *Monde des plantes*, p. 386, fig. 117, 2; *Origine paléont. des arbres*, p. 262, fig. 31, 6 (pl. X, fig. 1, 2 et 8).

H. foliis glabratis, sursum lanceolatis, longe sensim in apiculum attenuatis, deorsum subangulato-cordatis; lobulis lateralibus vix productis, medio multoties brevioribus; nervis secundariis ramosis in areolas ante marginem solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Nous avons déjà signalé et figuré cette forme curieuse, très éloignée de l'*Hedera prisca* Sap., de Sézanne, qui semble représenter le prototype du Lierre ordinaire d'Europe. Les feuilles de l'*Hedera Philiberti*, dont il existe deux exemplaires, sont remarquables par le contour allongé du lobe médian, qui compose à lui seul presque toute la feuille, les latéraux se trouvant réduits à l'état de saillie anguleuse ou tout au plus de lobules

obtus et courts, ainsi que le font voir nos figures 1 et 2, planche X. Cependant, notre *H. Philiberti* ne doit être considéré que comme une race ou forme ne s'écartant pas plus du type normal actuel que les diversités locales dont ce type donne l'exemple sous nos yeux. En cherchant avec soin, on rencontre de nos jours encore en Provence des Lierres dont les feuilles reproduisent presque sans changements l'aspect de l'*Hedera Philiberti* (1).

OMBELLIFERÆ

Nous avons recherché avec le plus grand soin, parmi les petits débris et les organes épars, s'il s'en trouvait quelques-uns d'attribuables au groupe des Ombellifères, qui confine de si près à celui des Araliacées. L'extrême rareté de la première des deux familles atteste du moins la faible diffusion des végétaux qu'elle comprend dans la contrée dont le gisement d'Aix nous a conservé la flore. Les deux espèces suivantes sont effectivement les seules qui nous aient paru devoir être rangées sans anomalie parmi les Ombellifères.

PEUCEDANITES Heer.

M. Heer a compris sous cette dénomination générique les empreintes répondant aux parties fructifiées des Ombellifères.

405. **Peucedanites œthusæformis** (pl. XX, fig. 3).

P. mericarpiis parvulis, elliptico-suborbiculatis, utrinque in apiculum breviter angustatis, compressis, quinque costatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'espèce est représentée par un méricarpe détaché, plus ou moins comprimé, ellipsoïde-suborbiculaire, marqué de cinq costules y compris celles du bord ou commissurales, qui enca-

(1) La figure 8, planche X, représente un petit fruit d'Araliacée, qui a l'aspect et les caractères de ceux des *Hedera* et peut être attribué sans invraisemblance à notre *Hedera Philiberti*.

drent les trois autres. L'organe rappelle celui des *Peucedanum P.* (*Anethum*) *graveolens* Baill., des *Œthusa*, *Œ. synapium* L., et de plusieurs autres Ombellifères, comme le montrent nos figures grossies 3ᵃ et 3ᵇ, la dernière d'après un moule en relief.

406. **Peucedanites coronatus** (pl. XVI, fig. 23).

P. mericarpiis anguste ellipticis sublinearibusve, longitudinaliter trisulcatis basi obtusatis, sursum lobis calycinis persistentibus acutisque superatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Le méricarpe est allongé, presque linéaire, obtus à la base, marqué de trois costules et surmonté par les lobes calicinaux, persistants et pointus. Cette disposition reproduit celle qui distingue les méricarpes des *Eryngium* et de plusieurs autres genres d'Ombellifères.

RANUNCULACEÆ

Les deux espèces suivantes, représentées par leur organe fructificateur, pourraient bien dénoter la présence de Renonculacées dans la flore d'Aix. C'est pour ne rien omettre, en fait d'indice de cette nature, que nous les décrivons ici.

RANUNCULUS Hall.

407. **Ranunculus palæocarpus** (pl. XVIII, fig. 13).

R. achenio minuto, compressiusculo, obovato, sessili, stylo persistente apice tenuiter rostrato.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'organe est des plus petits; mais la figure grossie 13ᵃ fait voir un achaine, comprimé, sessile, marginé, courtement obovale et surmonté d'une pointe terminale qui représente visiblement un style persistant. Ces caractères concordent avec

ceux des achaines de Renonculées. La ressemblance de l'empreinte fossile avec les fruits du *Ranunculus canadensis* L. nous a paru fort étroite.

Il existe pourtant un autre rapprochement que nous indiquons comme n'étant pas dénué de vraisemblance, avec le silicule de l'*Alyssum saxatile* L.

Clematis L.

408. Clematis nudistyla (pl. XVIII, fig. 14).

C. achenio sessili, minuto, glabrato, ovato-elliptico, stylo caudato flexuoso nudoque superato.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'organe, fort petit, laisse voir, sous un fort grossissement (fig. 14ᵃ), un achaine renflé, aux parois légèrement renflées et marqué de réticulations veinuleuses ; il est surmonté d'un style mince et flexueux, plus long que l'achaine, capité à l'extrémité supérieure et offrant toute l'apparence de ceux des *Clematis*, sauf qu'il n'a rien de leur apparence plumeuse, qu'il ait été réellement dénué de poils ou bien que ces poils aient disparu au contact de l'eau. L'analogie de l'organe fossile avec les carpelles des Clématites est trop frappante et trop curieuse pour ne pas être signalée ici.

NYMPHÆACEÆ

Le groupe est richement représenté dans la flore d'Aix. Sans reprendre une à une les formes qu'il comprenait, nous nous attacherons à mieux préciser les caractères de chacune d'elles par la définition exacte des diverses parties ou organes leur appartenant, nouvellement observés.

NYMPHÆA Neek.

(162) NYMPHÆA GYPSORUM Sap., *Révis.*, p. 181; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 83, pl. XII, fig. 3. — *Les Organismes problém.*, p. 19, pl. II, fig. 4-5. — Pl. XII, fig. 10-11.

Çà et là dans les calcaires et les schistes de la partie inférieure.

Nous avons d'abord figuré les coussinets foliaires ou pédonculaires, puis les fragments de rhizomes lacérés, et enfin une feuille, à peu près complète, ou du moins aisée à compléter, de cette espèce. Les rhizomes étaient de grande taille et leur épaisseur, ainsi qu'il a été possible de le constater pour le *Nymphæa Dumasi* Sap., espèce rapprochée de celle d'Aix, étaient hors de proportions avec l'étendue assez médiocre des feuilles. Il est certain, à raison même de leur succulence et de leur richesse présumée en substances nutritives, que ces rhizomes ont été recherchés par les animaux de l'époque et qu'ils en ont dévoré les parties tendres en rejetant les parties dures de l'étui cortical, circonstance qui explique la présence de nombreux lambeaux, fossilisés en demi-relief et irrégulièrement déchiquetés, des coussinets foliaires accompagnés de cicatrices radiculaires. Nous figurons ici un de ces lambeaux (pl. XIII, fig. 10) découpés par la dent des animaux baugeurs et fouisseurs, parce qu'il se rapporte visiblement au coussinet, non d'une feuille, mais d'une pédoncule floral, avec des cicatrices lacunaires plus nombreuses et plus inordinées que celles des pétioles.

Nous figurons encore une réunion de graines (fig. 11) qui doivent être attribuées au *Nymphæa gypsorum*. Leur structure bien visible est mise en évidence par la figure 11a, grossie environ trois fois.

On distingue en effet un raphé latéral assez prononcé, des cellules épidermiques distribuées en files longitudinales, fines et multipliées, enfin l'ouverture béante du micropyle, au moyen d'une déhiscence valvaire bien prononcée, comme si la

(1) *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 117; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 270, pl. XII, fig. 2.

graine, avant de se fossiliser, eût éprouvé un mouvement de germination, ou bien encore qu'au lieu de la graine nous n'eussions ici que son tégument après la sortie de l'embryon.

L'apparence de l'organe le rapproche des parties correspondantes des *Nymphæa* de la section *Lotus*.

(163) Nymphæa parvula Sap., *Révis.*, p. 182; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 84, pl. XII, fig. 4-9; *les Organ. problémat.*, p. 13, pl. II, fig. 1-2. — Pl. XIII, fig. 13-14.

Calcaires de la partie inférieure.

Nous avons précédemment figuré des coussinets foliaires et pédonculaires, des lambeaux de feuilles et une graine de cette espèce considérée comme reproduisant, dans la flore d'Aix, le type des *Nymphæa* propres de la section *Castalia*. Nous signalons maintenant comme se rapportant à la même espèce deux autres graines (fig. 13 et 14); l'une un peu plus grande (fig. 13), arrondie, fermée par un pore ou enfoncement à l'endroit du micropyle; les files longitudinales de cellules épidermiques sont bien visibles à la surface de cette graine, qui ressemble, à n'en pas douter, à celles du *Nymphæa alba* L. La seconde graine (fig. 14) est un peu plus petite et montre, vers l'ouverture de la figure grossie 14a, l'ouverture béante et en saillie du micropyle.

Anæctomeria Sap.

409. **Anæctomeria nana** Sap., *les Organ. problém.*, p. 13, pl. II, fig. 3 (pl. XIII, fig. 12 et 15-18).

A. pulvinulis foliorum lapsorum insertiones notantibus, parvulis, transversim rhombeis, prominulis, lacunas majores duas inferiores duabus superioribus multo minoribus superatas proferentibus, infraque discum petiolarem radicellarum 3-5-6 cicatrices aggregatas præbentibus; disco epigyno stigmatibus e centro radiantibus notato, e fructu ad maturitatem distracto, ob parietum in particulas regulares scissionem liberato; seminibus ovatis ad micropylum fovea operculata, rapheque laterali promula præditis, cellulis epidermalibus in series multiplices longitudinaliter ordinatis.

Calcaires et calcaires marneux de la partie inférieure. — Rare.

Les fragments de rhizome et les coussinets foliaires de cette nouvelle et curieuse espèce (fig. 12 et 12[a]) sont construits comme ceux de l'*Anœctomeria Brongniartii* Sap., que nous avons signalé à Saint-Jean-de-Garguier, et qui abonde surtout à Armissan. Ils sont seulement trois fois plus petits dans toutes leurs proportions, et ils indiquent, par cela même, l'existence d'une forme d'*Anœctomeria* congénère de la précédente, mais d'une dimension très réduite, et dont les feuilles restent à déterminer. Nous rapportons à l'*Anœctomeria nana* une empreinte des plus curieuses, reproduite par notre figure 15 et grossie en 15[a]; elle représente, à ce qu'il nous paraît, l'ovaire ou fruit jeune et récemment fécondé d'une fleur, dont la partie intérieure se serait détachée et montrerait les parois encore enveloppées des pétales demeurées en place. Mais il faut certainement attribuer à cette espèce (fig. 17) un disque épigyne, détaché avec les traces visibles des stigmates rayonnants, marqué au centre d'un bouton et qui se trouve conforme aux empreintes de même nature, observées à Armissan et appartenant au genre *Anœctomeria*, dont le fruit s'ouvrait à la maturité par une désagrégation régulière des parois. Le disque stigmatique se trouvait alors détaché et isolé des autres particules, dont il existe çà et là des traces fossilisées à la surface des anciens lits. Nous réunissons à cette espèce d'*Anœctomeria* des graines d'une très belle conservation (fig. 18) observées dans les mêmes assises, et qui, sous une plus faible dimension, présentent le même aspect et les mêmes détails de structure que celles de l'*A. Brongniartii* d'Armissan. Ces graines sont ovales, cernées par un raphé latéral bien marqué, aboutissant à l'extrémité micropylaire et pourvues, sur ce point, d'un opercule fort net, tantôt fermé, tantôt béant comme par l'effet de la germination. On distingue, en même temps (voy. la figure grossie 18[b], dessinée d'après un moule en relief), les files longitudinales des cellules du tissu épidermique. En réunissant ces divers indices, il est difficile de ne pas admettre l'existence d'un *Anœctomeria* de très petite taille, dans la flore d'Aix, sur un horizon

antérieur à celui vers lequel commence à se montrer l'*Anæctomeria Brongniartii*.

MAGNOLIACEÆ

Magnolia L.

410. **Magnolia (Michelia?) proxima** (pl. XIV, fig. 1).

M. foliis firme membranaceis, petiolatis, elliptico-ovatis, integerrimis, basi obtusis, apice autem obtuse in apiculum attenuatis, penninerviis; nervo primario sat valido; secundariis plurimis, arcuatis, secus marginem areolato-ramosis; tertiariis oblique transversim decurrentibus, venis abbreviatis e costa media ortis mediantibus, in reticulum areolis irregulariter trapezoideis solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous reconnaissons dans cette feuille, mutilée sur un côté mais facile à reconstituer, une seconde espèce de *Magnolia* distincte de celle signalée en premier lieu, et assimilée par nous au *Magnolia Dianæ* (1) de Unger. Notre *Magnolia proxima* diffère de celui-ci par un moins gros pétiole et la direction plus oblique des nervures secondaires, enfin par les détails caractéristiques du réseau veineux, formé ici de veinules plus capricieuses, distribuées en aréoles trapézoïdes. Peut-être aurait-il été plus naturel de voir plutôt un *Anona* qu'un *Magnolia*, dans cette forme curieuse qui rappelle encore les *Cannella* et *Ilicium*, qui sont aussi des Magnoliacées; mais nous avons dû principalement tenir compte de son étroite affinité avec le *Michelia Champaca* L., Magnoliacée du Japon que M. Baillon ne sépare qu'à titre de section des *Magnolia* propres. L'analogie entre la feuille fossile d'Aix (fig. 1, pl. XIV) et celles de l'espèce de Nippon est tellement frappante qu'elle équivaut presque à l'identité.

(1) Voy. *Révis.*, p. 183; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 85, pl. XIII, fig. 11.

BERBERIDEÆ

Berberis L.

411. **Berberis (Mahonia) aculeata** (pl. XIII, fig. 2).

B. foliis pinnatim compositis; foliolis coriaceis, superficie glaberrimis, sessilibus, elliptico-oblongis, basi parum inæqualibus, margine cartilagineo-cinctis dentatoque aculeatis; nervis secundariis fere immersis, areolato-reticulatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Une foliole complète, il est vrai, et très bien conservée est le seul indice que nous ayons encore recueilli de cette espèce curieuse. Elle est oblongue-ellipsoïde, sessile et un peu inégale à la base, obtuse au sommet, cernée d'une marge cartilagineuse et pourvue, le long des bords, de dents épineuses, assez écartées et très acérées. La consistance a été coriace, la superficie lisse et glabre; les nervures secondaires sont difficilement visibles; elles forment, des deux côtés de la médiane, des mailles allongées, accompagnées le long des bords d'aréoles décroissantes. La forme, l'aspect, la nervation de cette foliole dénotent très légitimement l'existence d'un *Berberis* (*Mahonia*) allié de près aux formes asiatiques de la section et rapproché surtout du *Mahonia nepalensis* Wall. — Nous avons décrit antérieurement une belle espèce du même genre, observée à Armissan, qui rappelle surtout le *Berberis* (*Mahonia*) *Fortunei* Lindl. Notre *Berberis aculeata* touche de près au *B. nepalensis*; mais il s'en distingue par le contour plus ellipsoïde et la terminaison moins atténuée, vers le sommet, de ses folioles.

CRUCIFERÆ

Isatides

Siliculæ sparsæ, à latere compressæ Isatidæarum non absimilia.

412. **Isatides microcarpa** (pl. IX, fig. 3).

I. Siliculis minutis, anguste ellipticis, utrinque obtusis, apice autem

breviter lanceolatis, pedicellatis, ramulo inflorescentiæ lateraliter appensis.

Calcaires durs de la partie inférieure. — Très rare.

Ce n'est pas sans hésitation que nous signalons, à Aix, une Crucifère représentée par une silicule mesurant à peine 4 millimètres, sans comprendre le pédicelle grêle et court qui la rattache à un débris de ramule de l'inflorescence, encore muni de deux à trois pédicelles, dépouillés de leur silicule. Les caractères visibles de l'ancien organe (fig. 3[a] grossie) et son mode d'insertion, ainsi que la nature du pédicelle, semblent justifier son attribution à quelque type de Crucifères, touchant de près à l'*Isatis tinctoria* L., sous des dimensions fort réduites.

413. **Isatides capselloides** (pl. XV, fig. 20).

I. Silicula obcuneata, elliptico-oblonga, sursum truncato-emarginata, valvis compressis, coalitis, septo angusto longitudinaliter connexis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Il nous semble reconnaître dans ce petit fruit une silicule allongée-obconique, formée de deux valves comprimées-naviculaires, soudées le long de la ligne médiane séparatrice, et tronquée dans le haut à la façon de celle des *Isatis* et des *Capsella*. Notre figure grossie 20[a] permet de saisir l'aspect et les caractères de l'empreinte.

POLYGALACEÆ

Polygala T.

414. **Polygala pristina** (pl. XIV, fig. 5-6).

P. foliis breviter petiolatis, lanceolatis, oblongis, basi in petiolum attenuatis, apice obtusatis, penninerviis; nervis secundariis sub angulo aperto emissis, arcuatis; — fructu capsulari, compresso-membranaceo, suborbiculari-ellipsoideo, ala marginali angustissima cincto.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La feuille attribuée à cette espèce ressemble à celle du *Polygala vulgaris* L., avec un sommet plus obtus; mais elle est surtout comparable à celles du *P. chamæbuxus* L., dont les nervures secondaires sont seulement plus obliques. Le *P. myrtifolia* L. présente aussi des feuilles très analogues. Le fruit que nous associons à cette feuille fossile (fig. 5) a l'apparence extérieure de ceux des *Polygala*, mais il est mutilé au sommet, accident qui s'oppose à son exacte détermination; elle est rendue probable par l'étroit rebord ailé qui lui sert de ceinture, et qui ressemble tout à fait à celui qui distingue le fruit des *Polygala*.

ACERINEÆ

ACER Moench.

La présence de véritables *Acer* dans la flore d'Aix, déjà établie par nous d'après une feuille à laquelle nous avons appliqué le nom d'*Acer sextianum*, se trouve confirmée par la découverte de deux espèces de samares, dont l'une se combine très heureusement avec la feuille précédemment décrite.

(167) ACER SEXTIANUM Sap., *Révis.*, p. 190: *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 92, pl. XIII, fig. 7. — Pl. XIV, fig. 8-9.

A. foliis palmato-trinerviis, trilobatis, lobis obtusis, medio paulo productiore parce sinuato-lobulato, lateralibus mediocriter expansis ad basin usque integris; — samaris in fructu vix divergentibus; nucula latere commissurali truncata; ala erecta, oblonga, latiore, ad apicem obtusata, basi restricta emarginata; nervulis e costa dorsali emissis transversim decurrentibus, tenuibus, repetito-furcatis, venulis in reticulum solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous avons fait ressortir l'analogie de la feuille avec celles de l'*Acer primævum* de Saint-Zacharie (1), comparé à l'*Acer*

(1) Voy. *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 238; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ série, t. XIX, p. 84, pl. X, fig. 6.

villosum Wall., des hautes vallées de l'Inde septentrionale. Nous lui reconnaissons encore de la ressemblance avec l'*Acer Buergerianum* Miq., du Japon (Yokoska), dont M. Franchet nous a procuré un échantillon. — La samare, dont nos figures 8 et 9, planche XIII, reproduisent l'empreinte et la contre-empreinte, s'écartent à peine de celles de l'*Acer primævum* Sap., par leur aile plus courte et relativement plus large. L'espèce de Saint-Zacharie ne serait ainsi qu'un prolongement de celle des gypses d'Aix.

415. **Acer oligopteryx** (pl. II, fig. 12[a]).

A. samaris parvulis, in fructu divergentibus; nucula ovato-orbiculata; ala erecta, cultrata, obtuse sursum attenuata, basi parce emarginata; nervulis e costa dorsali emissis oblique prodeuntibus, leviter ante marginem curvatis, furcata-divisis tenuibusque.

Calcaires en plaques de la partie inférieure. — Très rare.

La samare de cette nouvelle espèce, couchée isolément auprès d'une feuille du *Quercus elliptica*, est beaucoup plus petite que celle de l'*A. sextianum*, et dénote une forme particulière d'*Acer*. La nucule est ovale, suborbiculaire, légèrement tronquée à l'endroit de la suture, qui marque une divergence très prononcée de l'ancien organe dans le fruit. L'aile qui surmonte la nucule est en forme de lame de couteau, c'est-à-dire allongée, atténuée en pointe obtuse et courte au sommet, faiblement rétrécie à la base. La feuille de cet Érable, dont la samare n'a été rencontrée qu'une seule fois et qui a pu être entraînée de très loin jusque dans les eaux de l'ancien lac, est encore inconnue.

SAPINDACEÆ

Sapindus L.

416. **Sapindus lacerus** (pl. III, fig. 10).

S. foliis pinnatis; foliolis membranaceis, basi in petiolulum brevem

attenuatis, valde inæqualibus, hinc dimidiatis, illinc convexioribus sinuatisque, integerrimis; nervis secundariis tenuissimis, sub angulo aperto emissis, secus marginem areolatis venulis transversim flexuosis inter se conjunctis.

Calcaires marneux de la montée d'Avignon. — Très rare.

L'espèce est représentée par la moitié inférieure d'une foliole très inéquilatérale, reconnaissable à la disposition très inégalement atténuée de son limbe sur un court et mince pétiolule. Le bord est entier, et les nervures secondaires, nombreuses et fines, émises sous un angle ouvert, se ramifient en aréoles marginales ; elles sont reliées entre elles par des veinules obliquement transversales et flexueuses. La nervation de cette foliole empêche de la confondre avec celles du *Sapindus drepanophyllus* dont elle se rapproche d'ailleurs beaucoup.

CEDRELACEÆ

Nous préférons le nom de Cédrélacées à celui de Méliacées pour désigner le groupe auquel nous rapportons les graines ailées que nous allons décrire et que nous assimilons à celles des Cédrélées et Swiéténiées, rattachées généralement aux Méliacées à titre de tribus ou de sous-familles. D'autre part, nous rapprochons également ces mêmes organes fossiles ou une partie d'entre eux des graines des *Ptæroxylon*, qui sont des Sapindacées, en constatant la physionomie commune qui semble leur servir de lien ; comme si toutes ces graines répandues non seulement à Aix, mais dans d'autres gisements de l'Europe tertiaire, sur l'horizon du tongrien ou de l'aquitanien, et connues depuis Unger sous le nom d'*Embothrites*, eussent été celles d'une catégorie de végétaux apparentés, ayant fait partie d'un seul et même groupe, distribué sans doute en plusieurs genres, dont nous ne connaîtrions pas encore les feuilles.

CEDRELOSPERMUM (pl. XVIII, fig. 15 et 17).

Semina in alam membranaceam plus minusve tenuiter venulosam sursum producta; ala venulis e nucleo basali decurrentibus, reticulato-ramosis, ad cicatriculam paulo infra-apicalem quandoque conniventibus percursa aut etiam raphe marginali e nucleo proveniente punctum umbilicarem usque provecto lateraliter præcincta.

EMBOTHRITES Ung., *Gen. et sp. pl. foss.*, p. 428; *Foss. Fl. v. Sotzka*, p. 41, tab. 21, fig. 11-12; *Syll. pl. foss.*, p. 20, tab. 7, fig. 31 et 32; *Foss. Fl. v. kumi*, p. 37, tab. 9, fig. 2-3. — Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 106; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. VIII, pl. II, fig. 13-15, et pl. IX, fig. 8; *Révis.*, p. 151; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 53. — *Embothrium* Sap., *Ét.*, III, p. 88; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. VIII, pl. IX, fig. 7-8. — Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 97, fig. 32-33, et tab. 53, fig. 26.

Unger a signalé le premier ces sortes de graines observées par lui à Sotzka, puis à Radoboj et à Coumi en Eubée. M. d'Ettingshausen les a également signalées à Hæring et à Sagor en Carinthie. En Provence, elles ne se montrent pas seulement à Aix, mais sur un horizon un peu plus élevé. Elles reparaissent à Bonnieux et à Manosque; enfin, il en a été recueilli dernièrement des empreintes curieuses, agglomérées en paquet, dans le gisement de Céreste, près de Manosque, qui semble appartenir au même niveau géognostique que celui de Bonnieux, c'est-à-dire à la partie du tongrien qui confine à l'aquitanien.

Toutes ces graines, constamment surmontées d'une aile membraneuse, le plus souvent occupée par un réseau de veines longitudinales, diversement anastomosées en réseau, et d'autres fois bordée par un cordon marginal sorti du nucléus et dénotant un raphé, reçurent le nom d'*Embothrites* ou même d'*Embothrium* et furent par conséquent assimilées aux semences d'un type de Protéacées, actuellement relégué dans l'hémisphère austral. Une comparaison attentive montre que ce rapprochement n'était basé que sur une ressemblance superficielle et qu'elle n'a rien d'assez précis pour justifier une identification générique devenue d'ailleurs fort peu vraisemblable, depuis que la plupart des prétendues Protéacées de l'Europe tertiaire ont dû être restituées, les unes aux

Myricées, les autres aux Composées, ou bien encore reconnues pour être plutôt des Thymélées à l'exemple de quelques-uns des anciens *Grevillea*.

Considérés en masse, ces *Embothrites*, qui accusent l'existence d'un ou plusieurs types de végétaux, fréquemment répandus dans la plupart des anciennes localités de l'Europe tertiaire, vers le milieu de la période, rappellent à l'esprit bien d'autres sortes de graines que celles des *Embothrium*. En dehors des Protéacées on observe des graines d'une structure analogue dans les Quillajées (1), qui constituent une tribu de Rosacées exclusivement américaine (Chili, Brésil, Mexique); puis chez les *Ptæroxylon* Eckl. et Zeyh., genre de Sapindacées de l'Afrique australe. Mais c'est plus spécialement la sous-famille des Cédrélacées, réunie aux Méliacées et comprenant les deux tribus ou séries des Swiéténiées et des Cédrélées, qui présentent des exemples répétés de graines surmontées par une aile membraneuse, avec un point d'attache terminal et un raphé tantôt latéral, tantôt parcourant l'aile même, et offrant ainsi une structure comparable en tout à celle des graines fossiles. Celles-ci représentent évidemment deux types, répondant sans doute à deux genres distincts, l'un identique ou touchant de près aux *Cedrela*, l'autre s'en écartant par le raphé ramifié en veinules qui parcourent l'aile membraneuse pour aller, le long du bord et au-dessous du sommet, aboutir au point d'attache : de là deux divisions dans le genre que nous proposons, sous le nom de *Cedrelospermum*, en y comprenant toutes ces semences.

α. Phleboptera.

Raphe venulis ramosis e nucleo seminis exorientibus, per alam decurrentibus, ad punctum umbilicarem infra-apicalem conniventibus effectum.

(113) CEDRELOSPERMUM AQUENSE. — Pl. XVIII, fig. 11?.

EMBOTHRITES AQUENSIS Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 107; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ série, t. XVII, p. 260, pl. VIII, fig. 8; *Révis.*, p. 151; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 53.

(1) Genres *Quillaja* Mol.; *Kageneckia* R. et Pav.; *Vauquelinia* Corr.

L'espèce rencontrée une seule fois et figurée dans la première partie de nos *Études*, ressemble à l'*Embothrites leptospermus* Ett., et diffère à peine de l'*Embothrites borealis* Ung., de la flore de Sotzka, par la forme un peu plus courte et relativement plus large de l'aile, émarginée au sommet à l'endroit du point d'attache ou ombilic. L'*Embothrites borealis* se montre à Bonnieux; mais de plus, il a été récemment recueilli dans le gisement de Céreste et nous en figurons ici (fig. 15 et 17, pl. XVIII) plusieurs exemplaires remarquables, grossis en 15ᵃ et 17ᵃ ; l'espèce normale serait même accompagnée ici, à ce qu'il semble (fig. 17 et 17ᵃ), d'une seconde espèce dont l'aile arrondie au sommet et non échancrée à l'endroit de la cicatrice ombilicale, paraît un peu plus allongée. Nous avons tenu à figurer ces exemplaires pour mieux faire saisir les caractères de ce type et les différences qui le distinguent des graines ailées des *Cedrela* et *Swietenia* (1). On voit que ces graines, dans l'un des cas (fig. 17, pl. XVII), sont accumulées au nombre de quatre, couchées les unes près des autres, comme si elles venaient de sortir d'une loge ou d'un fruit capsulaire, qui en aurait contenu plusieurs. C'est ce qui existe effectivement chez les *Swietenia* dont le fruit est une capsule déhiscente qui renferme et laisse échapper à la maturité un grand nombre de graines, dont l'aile, un peu ligneuse ou submembraneuse, est parcourue longitudinalement par un raphé. Mais ces graines diffèrent trop de nos *Phleboptera* fossiles, pour autoriser la croyance d'une affinité générique de ceux-ci avec le *Swietenia mahogoni* qui fournit l'acajou des meubles ; on peut admettre pourtant que les *Phleboptera* auraient constitué une coupe générique aujourd'hui éteinte, alliée de plus ou moins près aux *Swietenia* et aux *Eleutheria* Ræm.

(1) Auprès de deux de ces graines (fig. 15 en *a* et fig. 16, pl. XVII), on remarque un organe que nous avons eu soin de représenter grossi, et sur la nature duquel nous n'osons pas nous prononcer. Serait-ce une samare de Bouleau, ou plutôt une fleur ou un fruit compris entre deux bractées samariformes, comme la fleur des *Anredera*? Il nous a paru difficile de formuler une opinion décisive.

β. *Aneuroptera.*

Raphe seminum, marginale, alam obscure venulosam aut venulis destitutam lateraliter sequens, usque ad hilum provectum.

417. **Cedrelospermum Philiberti** (pl. X, fig. 7, et pl. XVIII, fig. 9-10).

C. seminum nucleo subrotundo, ala tenuiter membranacea, oblongo-elliptica, apice rotundata, raphe marginali unilateraliter instructo venulisque obscure delineata superato.

Calcaires de la partie inférieure. — Assez rare.

Nous figurons trois exemplaires de cette graine voisine, mais distincte pourtant, à ce qu'il nous paraît, du *Cedrelospermum* (*Embothrites*) *tenerum* Sap., de Manosque (1), dont elle s'écarte par des proportions plus grandes et une aile plus large et plus arrondie au sommet.

418. **Cedrelospermum abietinum** (pl. XVIII, fig. 5).

C. seminum nucleo ovato, ala breviter oblonga, sursum obtuse acuta, raphe marginali lateraliter cincta superato.

Calcaires marneux de la partie moyenne. — Très rare.

Au premier abord on prendrait cette espèce pour une semence d'Abiétinées, mais un examen attentif fait reconnaître une graine dont le nucléus se prolonge le long d'un côté en un raphé marginal qui s'étend jusqu'à l'extrémité supérieure de l'aile. Celle-ci est obscurément marquée de stries ou veinules longitudinales; terminée supérieurement en pointe obtuse et légèrement échancrée à la base, sur le côté opposé à celui où se trouve le raphé. Sous des dimensions réduites, cette graine fossile ressemble à celles du *Cedrela odorata*.

(1) *Ét. sur la vég. tert.*, III, p. 88; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. VIII, p. 88, pl. IX, fig. 7.

419. **Cedrelospermum cultratum** (pl. XVIII, fig. 8).

C. seminum nucleo ovato, in raphe marginale usque ad apicem alæ obscuriter venulosæ, latiusculæ, sursum obtusissime acutæ lateraliter provecto.

Calcaires marneux de la partie moyenne. — Très rare.

Dans cette espèce, dont notre figure grossie 8ª rend très exactement les caractères, l'aile plus lancéolée et moins courte, configurée en lame de couteau et obscurément veinuleuse, se trouve accompagnée le long du côté dorsal par un raphé en forme de cordon marginal, qui part du nucléus pour s'étendre jusqu'au sommet où existait le point ombilical. Cette graine ressemble beaucoup à celles du *Ptæroxylon utile* qui est une Sapindacée, mais beaucoup également à celles du *Cedrela sinensis*; celles-ci sont seulement plus petites.

420. **Cedrelospermum cyclopterum** (pl. XVIII, fig. 7).

C. seminis ellipsoidei nucleo subovato, in raphe marginale alam brevem orbiculatam, obscure venulosam, unilateraliter cingens exeunte.

Calcaires marneux de la partie moyenne. — Très rare.

Ici, l'aile est courte, obscurément veinuleuse, suborbiculaire, et le nucléus donne lieu en se prolongeant à un raphé latéral qui cerne l'un des côtés de l'aile et contourne en s'affaiblissant son sommet arrondi. Cette espèce ne saurait être confondue avec les précédentes.

421. **Cedrelospermum refractum** (pl. XVIII, fig. 6).

C. seminis nucleo elongato in raphe ex utroque latere inæqualiter alato-appendiculatum sursum producto, ad apicem refracto striasque curvatas in appendicem emittente.

Calcaires marneux de la partie moyenne. — Très rare.

Le raphé, dans cette dernière espèce, comme le fait voir

la figure grossie 6ª, provient du prolongement des nucléus, et en se prolongeant ce raphé s'engage à travers un appendice ailé, inégalement développé; il se recourbe ensuite le long du sommet de la partie principale de cet appendice qui semble occupé par des stries recourbées et transversalement sinueuses. C'est là sûrement une espèce distincte des précédentes et peut-être ayant appartenu à un genre séparé.

ZYGOPHYLLEÆ

Il existe sur plusieurs points de l'ancien sol tertiaire, à Armissan (Aude), à Bilin (Bohême) et jusque dans les cinérites du Cantal, des fruits ou parties de fruits, comprimés-samaroïdes, d'une physionomie très distincte et auxquels M. Unger, en cherchant le premier à les déterminer, avait appliqué la dénomination d'*Ulmus Bronnii*. L'auteur autrichien les considérait comme représentant les samares d'un *Ulmus* dont il signalait en même temps les feuilles; ou plutôt il rattachait à cette sorte de samare quelques-unes des feuilles d'Ormeau recueillies dans le dépôt de Bilin (1). Plus tard, lorsque nous eûmes à constater la présence de ce même *Ulmus Bronnii* dans la flore d'Armissan (2), nous fîmes remarquer que ces prétendues samares, absolument sessiles, ne présentaient jamais ni trace de pédoncule, ni vestiges de calice; enfin, qu'elles étaient fréquemment repliées sur elles-mêmes, détails résultant d'ailleurs de l'une des figures de Unger (3). Ces particularités étaient de nature à faire concevoir des doutes au sujet de l'attribution générique de pareils organes, d'autant plus que la ligne suturale des samares d'*Ulmus* se détourne toujours de façon à circonscrire un des côtés de la loge séminifère, tandis que les samares de l'*Ulmus Bronnii*, non seulement sont divisées par une ligne suturale toute

(1) Voy. Ung., *Chl. protog.*, tab. 26, fig. 1-4.

(2) Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, II, p. 262; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. IV, pl. VI, fig. 6.

(3) Fig. 3, tab. 26, du *Chloris protogaœa*.

droite, mais qu'elles sont de plus sujettes à se séparer en deux parties à l'aide d'une fente opérée dans le sens vertical. Nous avons pu nous convaincre de cette dernière particularité par l'étude de la flore des cinérites du Cantal où abondent les soi-disant samares de l'*Ulmus Bronnii*. Ces organes s'y montrent dans plusieurs dispositions, tantôt entiers, tantôt ouverts ou à moitié divisés, et laissant voir l'intérieur de la loge, mise à nu par suite de la déhiscence.

Dès qu'il était question d'un fruit à déhiscence valvaire, l'attribution aux *Ulmus* tombait d'elle-même, et nous fûmes poussé à en rechercher une plus satisfaisante, de nature à expliquer la présence répétée de ces sortes d'empreintes dans un certain nombre de gisements tertiaires. C'est alors que nous eûmes recours au coup d'œil sagace de M. Decaisne, et guidé par son expérience, nous reconnûmes que le type de l'*Ulmus Bronnii* de Unger, au lieu d'être un *Ulmus*, représentait en réalité une Zygophyllée analogue par la structure de son fruit à plusieurs Zygophyllées asiatiques et aux *Rœpera* d'Australie (2).

Les *Zygophyllum*, dans l'espèce ordinairement choisie comme type du genre, le *Z. Fabago* L., présentent un fruit capsulaire, à cinq loges à parois minces ou membraneuses, à cinq angles et à déhiscence loculicide, qui s'opère longitudinalement selon les angles, chaque valve portant sur son milieu la cloison séminifère, avec les semences insérées en deux séries contre cette cloison. Dans un certain nombre d'espèces d'Asie, *Zygophyllum pterocarpum* Bunge, *Z. atriplicoides* Fisch. et Mey., *Z. macropterum* C. A. Mey., et dans les *Rœpera* d'Australie (*Rœpera fabagifolia* Juss.), les valves de la capsule s'amincissent et se prolongent vers les angles commissuraux, et ces valves prennent alors une consistance membraneuse et une apparence samaroïde qui leur donne une ressemblance extérieure avec les fruits ailés des *Dodonea*.

(1) Voy. *Sur les caractères propres à la vég. pléoc., à propos des déc. de M. B. Rames dans le Cantal* (*Bull. Soc. géol. de France*, séance du 17 février 1873).

Le passage d'une série à l'autre s'opère d'ailleurs par degrés : dans le *Zygophyllum pterocarpum* Bunge, de l'Altaï, le fruit est une capsule allongée dont les valves, ellipsoïdes et assez peu développées, comprennent une double rangée de cinq à six graines attachées à la cloison. Mais dans les autres espèces citées plus haut, la capsule diminue de hauteur; elle s'étale; ses valves s'arrondissent; leur mode de déhiscence reste le même; enfin, leur surface glabre et souple, marquée à l'endroit de la cloison d'une ligne verticale, se trouve occupée par un réseau de veines anastomosées qui rayonnent vers les bords; de telle sorte qu'en se détachant l'une de l'autre à la maturité, par le décollement de leurs plans commissuraux, d'abord étroitement appliqués l'un contre l'autre, chaque valve revêt assez bien l'aspect d'une samare d'*Ulmus* dont la loge centrale serait remplacée par une ligne épaissie. Mais, outre les différences qui résultent de l'absence de cette loge et celles qui tiennent à la disposition du réseau veineux, il existe encore une particularité de structure qui doit empêcher de confondre les organes en question avec les samares des Ormeaux. Cette particularité consiste en ce que dans beaucoup de *Zygophyllum*, sinon dans tous, la déhiscence des capsules est septicide, en même temps que loculicide. Chaque valve, après s'être détachée, est encore susceptible de se diviser longitudinalement en deux moitiés égales, dans le sens de la cloison. Cependant toutes les valves d'une même capsule ne donnent pas également lieu à ce second mode de déhiscence; mais quelques-unes d'elles seulement : c'est ce que nous avons du moins observé dans le *Rœpera fabagifolia* Juss. et dans les *Zygophyllum atriplicoides* et *macroptera*.

Dès lors, notre interprétation une fois admise, il est facile de comprendre pourquoi les prétendues samares de l'*Ulmus Bronnii* se présentent tantôt entières, tantôt dimidiées, comme si elles étaient repliées sur elles-mêmes. Dans ce dernier cas, comme chez les *Zygophyllum* actuels, du moins chez ceux dont la capsule est ailée, la valve s'est partagée de nouveau, de manière à ne plus offrir qu'une seule moitié d'elle-même;

c'est ce qui existe effectivement dans plusieurs des exemplaires d'Armissan. La place d'insertion de la graine sur le milieu du bord intérieur de la demi-valve, conformément à ce qui a lieu dans les *Zygophyllum* que nous considérons, est du reste parfaitement visible dans ces mêmes exemplaires, et cette observation confirme leur attribution générique, comme le fait aussi l'étude du réseau veineux.

Les *Zygophyllum* dont nous venons de parler sont maintenant dispersés à travers l'Asie intérieure; ils constituent des arbustes ou des plantes ligneuses à souche tordue, à rameaux dénudés et rampants, striés et articulés, à feuilles opposées, composées-pennées, le plus souvent à deux folioles, entre lesquelles le rachis se prolonge en une pointe plus ou moins prononcée; plus rarement tri-quinqué-jugées ou encore simples par avortement, et pourvues de deux stipules foliacées à la base. Les folioles, plus ou moins charnues, sont articulées, étroitement obovées ou en coin, inéquilatérales. Les feuilles et les samares se détachent aisément et doivent être aisément emportées par le vent. Sur le littoral de la mer Caspienne, dans la Sibérie et l'Altaï, la région du Caucase, la Soongarie et la Mongolie, en Arménie, dans la Persc et l'Afghanistan, les *Zygophyllum* habitent de préférence les sables, les plages et les coteaux qui avoisinent les lacs et nappes salées intérieures. Leur présence, dans les principales localités de l'Europe ancienne, à portée des lacs tertiaires se trouve donc très bien justifiée.

ZYGOPHYLLUM L.

422. **Zygophyllum primævum** (pl. XIV, fig. 10-11 et pl. XVII, fig. 24).

Z. foliis? pinnatim compositis, foliolis cuneatis oppositis; — capsulæ valvis alato-samaroideis membranaceis, medio longitudinaliter septiferis, septique causa sulcatis, venulis utrinque in rete flexuosum anastomosatis, usque ad marginem nerviformem currentibus; valvis tum integris, tum dimidiatis, septo semen unicum lateraliter appensum utrinque ferente.

Calcaires et calcaires marneux de la partie inférieure. — Rare.

Il existe seulement deux empreintes, se rapportant aux valves de la capsule, de ce curieux *Zygophyllum*. Une d'elles (fig. 10) est entière et montre l'extérieur ou partie dorsale de l'organe, marqué d'un sillon longitudinal dans le milieu. On distingue vaguement au centre l'emplacement des graines. L'autre échantillon (fig. 11) représente la moitié d'une autre valve vue par la face interne ou ventrale et limitée sur l'un des bords par les restes de la cloison; il laisse voir vers le point correspondant à l'angle interne de la loge l'emplacement occupé par la graine. La forme générale du contour est ellipsoïde et la surface couverte par un réseau de veines capricieuses anastomosées, qui s'étendent jusqu'à la nervure marginale qui circonscrit le bord. Nous rapportons avec doute aux *Zygophyllum primævum* un fragment de feuille pennée (pl. XVII, fig. 24), qui comprend deux folioles opposées et sessiles, accouplées à l'extrémité d'un pétiole commun.

Cette espèce, en considérant le fruit, doit être comparée au *Zygophyllum macropterum* C. A. Mey. qui habite l'Asie intérieure. Le *Z. macropterum* a été signalé notamment sur le littoral occidental de la mer Caspienne, dans la Sibérie altaïque et la Soongarie chinoise, particulièrement près du lac Saisang-Nor, au sein de cette dernière région. Cependant, les valvules fossiles sont plus ellipsoïdes que celles qui composent les capsules de l'espèce vivante. Le *Zygophyllum fabagifolium* (*Ræpera fabagifolia* Juss.) d'Australie, de son côté, manifeste avec notre *Z. primævum* une analogie qui n'est pas moins évidente, bien que d'un degré déjà moins étroit.

423. Zygophyllum cyclopterum (pl. XIV, fig. 12).

Z. capsulæ valvis firme membranaceis vel subcoriaceis, minutis, orbiculatis, sursum leviter emarginatis, superficie obscure reticulato-venosis, medio septiferis septo utrinque semen unicum lateraliter appensum gerente, valvis quandoque etiam dimidiatis.

Calcaires et marnes de la partie inférieure. — Rare.

Plusieurs empreintes, dont l'une fort nette, paraissent

indiquer à Aix une seconde espèce de *Zygophyllum* dont les fruits capsulaires auraient été bien plus petits que ceux de l'espèce précédente, et formé de valves sujettes également à une double déhiscence, mais plus courtes, plus arrondies, plus larges relativement et plus nettement échancrées au sommet. Nos figures 12 et 12ª-12ᵇ représentent la mieux conservée de ces valves. Elle est entière, vue par l'intérieur, et la cloison qui la divise verticalement porte distinctement attachées vers son milieu deux graines contiguës, comprimées, subréniformes, étroitement appliquées le long de la cloison et absolument pareilles par la forme à celles des *Zygophyllum*. Les réticulations de la superficie valvaire sont bien moins nettes que dans la première espèce, et la consistance de l'organe a dû être elle-même plus épaisse. Le fruit de cette espèce doit être comparé aux plus petits des *Zygophyllum* actuels à capsules ailées-samaroïdes.

CELASTRINEÆ

Celastrus Kunth.

424. **Celastrus emarginatus** (pl. XIV, fig. 3).

C. foliis coriaceis, elliptico-obovatis, margine sinuato obscure denticulatis, apice obtusato emarginatis, penninerviis ; nervo primario expresso, secundariis tenuibus, obliquis, sinuosis, secus marginem conjuncto-areolatis, tertiariis in reticulum solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La feuille est entière, coriace, elliptique, obovée, obtuse inférieurement, élargie et émarginée au sommet, sinuée irrégulièrement et obscurément denticulée le long des bords. La nervure médiane est bien marquée ; les secondaires sont fines, flexueuses, recourbées et anastomosées avant la marge. Elles sont reliées par un réseau de veinules fines et capricieuses et transversalement sinueuses. La découverte de cette jolie espèce est due à M. Philibert : elle dénote sûrement une

Célastrinée comparable à plusieurs formes africaines des genres *Elæodendron*, *Pterocelastrus* et *Celastrus*. Nous citerons seulement les *Pterocelastrus rostratus* Walp. et *tricuspidatus* Walp., de la région de Cap, le *Celastrus trigynus*, etc.

425. **Celastrus lacerus** (pl. XIV, fig. 13).

C. foliis coriaceis aut saltem firme membranaceis, late obovato-lanceolatis, in petiolum breviter in cuneum basi attenuatis, margine denticulatis; nervo primario valido; secundariis immersis, flexuosis, sub angulo aperto emissis, ante marginem conjuncto-areolatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Nous reconnaissons une Célastrinée analogue au *Celastrus trigynus* et à un *Celastrus* sans nom spécifique du Brésil, figuré par M. d'Ettingshausen (1), dans cette feuille malheureusement mutilée au sommet et sur les côtés. Elle est denticulée le long des bords, pourvue d'une nervure médiane bien prononcée et de nervures secondaires peu visibles, assez nombreuses, et réunies en aréoles le long de la marge. L'attribution de cette feuille au groupe des Célastrinées semble des plus naturelles.

426. **Celastrus gracilior** (pl. XV, fig. 5).

C. foliis breviter petiolatis, ovato-lanceolatis, utrinque obtusatis, parce denticulatis, penninerviis; nervo medio expresso; secundariis plurimis, gracilioribus, subobliquis, curvato-anastomosatis conjunctoque areolatis; tertiariis subtilibus, in rete venulis flexuosis solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Espèce rapprochée de la précédente, dont elle diffère surtout par des dimensions beaucoup plus petites. Le pétiole est assez court, le bord denticulé; les nervures secondaires, émises sous des angles variés, plus ou moins obliques, recour-

(1) *Blattskel. d. Dikot*, tab. 64, fig. 7-9.

bées le long de la marge et diversement ramifiées, se trouvent reliées entre elles par des nervilles flexueuses qui donnent lieu à un réseau veineux à mailles irrégulièrement trapézoïdes. Cette feuille ressemble beaucoup à celles du *Wimmeria discolor* Hb., du Mexique, et de plusieurs autres Célastrinées.

427. **Celastrus crenulatus** (pl. XV, fig. 4).

C. foliis coriaceis, late obovatis, utrinque obtusatis, apice autem breviter exserte apiculatis, margine crenulatis, penninerviis; nervis secundariis subobliquis, numerosis, reticulato-ramosis, venulis oblique transversim decurrentibus undique religatis.

Marnes de la montée d'Avignon. — Très rare.

Nous avons restauré cette feuille, d'après une empreinte recueillie par nous à la montée d'Avignon et mutilée le long de la nervure médiane. Elle présente les caractères de forme et de nervation qui distinguent les feuilles de plusieurs Célastrinées, et l'espèce nous paraît analogue au *Celastrus trigynus* DC., de Madagascar.

428. **Celastrus Adansoni** (pl. XV, fig. 1-2).

C. foliis coriaceis, breviter petiolatis, obovato-rhombeis, subspathulatis, margine denticulatis; nervis secundariis tenuibus, obliquis, ante marginem reticulato-ramosis; tertiariis oblique transversim decurrentibus.

Marnes de la montée d'Avignon. — Rare.

L'attribution générique ne saurait être douteuse : le pétiole est court; la consistance coriace; le limbe obové, subspatulé; les dentelures marginales sont bien visibles, mais peu saillantes. Les nervures secondaires, émises sous un angle de 45 degrés environ, sont fines et ramifiées en réseau au moyen de veinules obliques. Cette forme se rapproche sensiblement de plusieurs Célastrinées africaines, de la région du Cap et de l'Abyssinie. Le *Celastrus Schimperi* Hosch. nous paraît être un des plus ressemblants au nôtre, ainsi que le *C. leptopus* Bernh., du Cap.

429. **Celastrus salyensis** (pl. XV, fig. 3).

C. foliis coriaceis, obovato-lanceolatis, dentatis; nervis secundariis oblique emissis, ante marginem reticulato-ramosis.

Marnes de la montée d'Avignon. — Très rare.

La feuille est plus étroite et plus lancéolée que celle de l'espèce précédente. Les dentelures sont plus prononcées, et la base du limbe plus atténuée. L'espèce actuelle la plus analogue paraît être le *Celastrus senegalensis* Lam.

RHAMNEÆ

Rhamnus L.

430. **Rhamnus approximatus** (pl. XVIII, fig. 3).

R. foliis petiolatis, obovatis, apice obtusatis, basi breviter in petiolum attenuatis, integerrimis, penninerviis; nerviis secundariis leniter arcuatis, secus marginem curvatis; tertiariis transversim oblique reticulatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous rapportons cette feuille aux *Rhamnus*, en le comparant au *Rhamnus aizoon* Ung., de Sotzka et de Radoboj, signalé aussi par Heer au Locle, dans la molasse suisse, où il est assez rare. La feuille d'Aix annonce une forme plus petite.

431. **Rhamnus cyclophyllus** (pl. XVI, fig. 1).

R. foliis minutis, coriaceis, vix petiolatis, obovatis, subspathulatis, margine obscure denticulatis, penninerviis; nervo primario expresso; secundariis tenuibus, subobliquis, ante marginem conjuncto-areolatis; tertiariis subtilibus, transversim oblique decurrentibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La feuille est petite, suborbiculaire-obovée, presque en spatule, atténuée inférieurement sur un très court pétiole et

obscurément denticulée le long du bord. Les nervures secondaires sont fines, réticulées et reliées entre elles par des veinules obliquement transversales par rapport aux secondaires. L'espèce rappelle principalement le *Rhamnus buxifolius* L.

Zizyphus Tournef.

432. **Zizyphus ovata** O. Web., *Tertiärfl. d. Niederrhein Braunkohlenform.*, p. 89, tab. 6, fig. 1; Sap., *Origine pal. des arbres*, p. 292, fig. 39, 4 (pl. XIV, fig. 6).

Z. foliis petiolatis, ovatis, breviter acuminatis, serrulatis, triplinerviis; nervis lateralibus lasilanibus usque ad apicem protectis; secundariis transversim decurrentibus in rete venosum tenue solutis.

Calcaires marneux de la partie moyenne. — Très rare.

La feuille de ce *Zizyphus*, trouvée une seule fois, ne saurait être confondue avec celles du *Zizyphus paradisiaca* Hr., qui abondent dans les schistes intercalés au milieu des gypses exploités et dont il existe une empreinte extraite des marnes de la montée d'Avignon. Au contraire, cette feuille ne se distingue par aucun caractère sensible de celles du *Zizyphus ovata* de Weber, signalée par cet auteur dans les lignites aquitaniennes du bassin rhénan. Il faut observer que dans ce même gisement on peut encore signaler notre *Hedera Philiberti*, bien reconnaissable à sa base anguleuse et décrit par le savant allemand, sous le nom de *Rhus ailantifolia* (1). Le *Zizyphus ovata* pourrait bien représenter la souche atavique d'où notre *Zizyphus vulgaris* L. serait provenu. Il faudrait encore le comparer au *Zizyphus Spina-Christi* Wild., espèce curieuse qu'on observe en Tunisie, où elle paraît être en voie de retrait par défaut d'humidité.

(1) Pl. VI, fig. 15, du mémoire précité.

ANACARDIACEÆ

RHUS L.

433. **Rhus effossa** (pl. XV, fig. 10).

R. foliis vero similiter pinnatis, foliolis breviter petiolulatis, lanceolatis, utrinque breviter acutis, serratis; nervis secundariis simplicibus furcatisque, in dentes pergentibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

La foliole isolée sur laquelle nous basons cette nouvelle espèce, se rattache au type de notre *Rhus coriaria*. Elle présente un aspect plus grêle et une base plus atténuée que les folioles de l'espèce indigène actuelle, dont la forme fossile que nous signalons devait se rapprocher sensiblement sous des proportions plus réduites.

434. **Rhus macilenta** (pl. XV, fig. 9).

R. foliis verosimiliter pinnatis; foliolis sessilibus, basi inæqualibus, lanceolatis, margine dentatis, dentibus breviter acuminatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

C'est encore aux *Rhus* que nous rapportons l'empreinte d'une foliole isolée, inégalement obtuse et sessile à la base, lancéolée à l'extrémité supérieure, dentée à dents aiguës le long des bords, que notre figure 9ª représente assez fortement grossie. Les principaux caractères indiquent une espèce ayant appartenu à la même section que la précédente, mais très distincte de celle-ci. Il se pourrait pourtant qu'au lieu d'une foliole de *Rhus*, nous eussions sous les yeux celle d'un *Sorbus* qui ne s'éloignerait pas beaucop du *Sorbus domestica* L., encore si répandu de nos jours en Provence.

435. **Rhus denticulata** (pl. XVI, fig. 15).

R. foliis verosimiliter pinnatim partitis; foliolis oblongo-ovatis, sur-

sum breviter acuminatis, margine denticulatis; nervo primario gracili; secundariis subtilibus curvatis ante marginem furcato-anastomosatis.

Schistes feuilletés de la partie inférieure. — Très rare.

Il est difficile de méconnaître un *Rhus* dans cette empreinte de foliole, ovale-oblongue, un peu inégale à la base, atténuée en pointe au sommet et denticulée le long des bords. La nervure médiane est mince ; les secondaires sont très fines, émises sous un angle ouvert, un peu recourbées et anstomosées par dichotomie avant la marge. L'aspect dénote une espèce de *Rhus* analogue à notre *Rhus abbreviata* (1), sans que cette affinité aille jusqu'à l'identité.

ZANTHOXYLEÆ

Zanthoxylon Kunth.

436. **Zanthoxylon aquense** (pl. XIV, fig. 14).

Z. foliis verosimiliter compositis; foliolis sessilibus, coriaceis, ovatis, basi paulisper inæqualibus, margine parce denticulatis, penninerviis; nervis secundariis sub angulo aperto emissis, in reticulum venulosum solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La foliole qui représente cette espèce, est unique jusqu'à présent ; elle est petite, ovale, sessile, de consistance probablement coriace, obscurément denticulée et pourvue de nervures secondaires, émises sous un angle ouvert, qui donnent lieu en se ramifiant à un réseau de veines capricieuses. Il existe une évidente affinité entre cette foliole et celles du *Zanthoxylon serratum* Hr., si répandu à Armissan ainsi que dans la molasse suisse.

(1) *Révis.*, p. 208; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 110, pl. XV, fig. 41.

MYRTACEÆ

Callistemophyllum Ett.

(197) **Callistemophyllum priscum** Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 131; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVII, p. 284, pl. XIV, fig. 2; *Révis.*, p. 213; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 115. — Pl. XII, fig. 8.

Calcaires marno-crayeux de la partie moyenne. — Très rare.

Nous figurons de nouveau cette curieuse espèce, pour faire mieux ressortir l'affinité réelle qui relie certaines empreintes de feuilles de l'époque tertiaire à celles des *Callistemon* et des *Eucalyptus* de l'ordre actuel. Notre *Callistemophyllum* est parfaitement assimilable au *Callistemon salignum* DC., et au *C. lanceolatum* Sw., et à plusieurs *Eucalyptus* et *Myrcia*.

Myrtus Tournef.

437. **Myrtus palæogæa** (pl. XV, fig. 8).

M. foliis sessilibus aut fere sessilibus, ellipticis, apice obtusatis, integerrimis, penninerviis; nervis secundariis sub angulo 45 gr. emissis rectis, ante marginem arcu obtusissimo religatis; tertiariis oblique laxe reticulatis.

Marnes de la montée d'Avignon. — Très rare.

La feuille est petite, subsessile, et sa consistance a dû être glabre et parcheminée. Elle est ellipsoïde, obtuse dans le haut, entière sur les bords et présente, à ce qu'il semble, la face supérieure. La nervure médiane est mince, les secondaires, émises sous un angle ouvert, fines, droites, se replient avant le bord et se trouvent réunies entre elles par un arc obtus qui court de l'un à l'autre et que cerne, le long de la marge, une rangée d'aréoles plus petites. Les nervures tertiaires, qui serpentent dans l'intervalle des secondaires, sont obliquement ramifiées et irrégulièrement flexueuses. La forme et la nervation de cette feuille dénotent en elle une Myrtacée analogue aux *Eugenia* et aux *Myrtus* propres.

438. **Myrtus aquensis** (pl. XV, fig. 9).

M. foliis coriaceis, obovatis, apice obtusatis, penninerviis; nervo primario expresso; secundariis immersis, sub angulo aperto emissis, secus marginem arcuatim conjunctis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Petite feuille coriace, obovale, obtuse et arrondie au sommet, qui semble dénoter un Myrte spécifiquement distinct du précédent.

(199) Myrtus corrugata Sap., *Révis.*, p. 213; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 115. — Pl. XI, fig. 9-10.

M. foliis ovato-oblongis, integris, coriaceis, punctulatis; nervis secundariis obtuse emissis, gracilibus, arcuatim conjunctis; tertiariis oblique angulatim reticulatis.

Calcaires de la partie moyenne. — Très rare.

Nous figurons cette espèce, signalée et décrite antérieurement, mais qui n'a pas été reproduite jusqu'ici. Son attribution au groupe des Myrtacées doit être regardée comme probable.

439. **Myrtus priscorum** (pl. XV, fig. 11).

M. fructu pedunculato, baccato, infero, subglobuloso, extus rugoso, apice late truncato, calycis limbi residuis adhuc superato.

Calcaires marneux de la partie inférieure. — Très rare.

Le fruit que nous publions sous cette dénomination paraît être une baie desséchée de quelque Myrtacée. Il est attaché solitairement à un assez long pédoncule, petit, globuleux, extérieurement rugueux, tronqué au sommet que couronnent encore des résidus calcinaux. Dans le milieu de la partie tronquée-discoïde, on entrevoit une saillie qui correspondrait à la base d'un style simple (voy. la figure grossie 11[a]), caractère qui viendrait à l'appui de l'attribution que nous proposons

ici, sous toutes réserves, puisqu'il ne serait pas impossible de reconnaître, dans cette curieuse empreinte, le fruit de quelque Pomacée analogue au *Cotoneaster*, dont les baies, une fois mûres et desséchées, sont marquées, à la surface, de rugosités analogues à celles qui distinguent notre empreinte fossile.

POMACEÆ

Cotoneaster Medik.

(206) **Cotoneaster primordialis** Sap., *Révis.*, p. 216; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 118, pl. XVI, fig. 37. — Pl. XIV, fig. 12-13.

C. fructibus ovato-oblongis, extus lævibus, intus 2-3 pyrenis, dentibus calycinis erectis, breviter acutis, plus minusve erecto-conniventibus coronatis, ad apicem pedunculorum solitarie appensis; pedunculis elongatis in racemum laxum breviter corymbosum 3-5 aggregatis.

Calcaires schisteux de la partie inférieure.

Les exemplaires nouveaux que nous figurons, et l'un d'eux surtout (fig. 13), qui montre trois fruits réunis en une grappe corymboïde, confirment pleinement nos appréciations précédentes. Les pédoncules varient de longueur; celui de l'empreinte figure 12, qui représente un fruit isolé, mesure 2 centimètres, aussi bien que le plus long de ceux qui composent l'inflorescence corymboïde (fig. 13). Chaque fruit a la forme d'un ovoïde un peu allongé. Les lobes calicinaux saillants et dressés leur servent de couronnement, et l'aspect ainsi que la disposition de ces organes paraissent conformes à ce que l'on observe dans les fruits de *Cotoneaster* et de *Sorbus*. La grappe corymboïde ressemblerait peut-être davantage à celle des *Amelanchier*, de certains *Mespilus* et du *Sorbus terminalis*; mais la forme des segments calicinaux, leur direction et les noyaux osseux, au nombre de deux à trois, dont l'empreinte est encore visible, témoignent d'une étroite analogie de structure avec les fruits du genre *Cotoneaster*, dont nous avons signalé plusieurs espèces de feuilles dans les gypses d'Aix.

L'exemplaire figuré en premier lieu, figure 37, planche XVI, de la Révision, a permis de constater la présence de deux à trois styles, caractère qui concorde avec les précédents et confirme l'attribution que nous proposons comme réellement légitime. Elle sert à nous faire connaître les plus anciennes Pomacées qui aient été signalées jusqu'à ce jour.

AMYGDALEÆ

Amygdalus L.

440. Amygdalus obtusata (pl. XV, fig. 7).

A. foliis membranaceis, petiolatis, ad basin limbi biglandulosis, elliptico-oblongis, sursum obtusatis, margine denticulatis, penninerviis; nervo primario expresso; secundariis tenuibus, sparsis, curvatis, ramoso-reticulatis, secus marginem conjuncto-areolatis; tertiariis subtilibus in rete transver sim, oblique venulosum solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'espèce se trouve établie sur une empreinte de feuille jusqu'à présent unique; nous aurions été tenté de reconnaître en elle un Saule; mais attentivement considérée, elle présente les caractères de forme et de nervation d'un *Amygdalus*, qui s'écarterait peu de l'*A. communis* L., avec la terminaison plus obtuse de l'extrémité supérieure. Le contour est ellipsoïde-oblong; on distingue la trace de deux glandules accompagnant le pétiole à son entrée dans le limbe. Les nervures secondaires sont fines, recourbées, puis ascendantes et ramifiées le long de la marge et réunies en aréoles à l'aide d'arceaux. Les veinules de dernier ordre sont déliées et flexueuses, transversales par rapport aux secondaires; elles concordent, par leur disposition, avec la nervation des feuilles d'Amygdalées. Notre *Amygdalus obtusata*, dont l'attribution nous paraît des plus naturelles, se rapproche très sensiblement par sa feuille de l'*A. communis*. Les feuilles de celui-ci ont également des pétioles biglanduleux au sommet. Ce serait la plus ancienne espèce du genre qui ait été encore signalée.

LEGUMINOSÆ

α. *Loteæ.*

TRIFOLIUM Tournef.

441. **Trifolium protocalyx** (pl. XVII, fig. 1-2).

I. calycis tubo fructum involvente stricte campanulato, decemstriato, glabrato, ad faucem parum restricto; segmentis erecto-patentibus, rigidis, lineari-subulatis, tubo brevioribus.

Calcaires marno-crayeux de la partie inférieure. — Rare.

Nos figures 1 et 2, planche XVII, reproduisent deux empreintes de calices épars, conformes, par leur aspect et les détails visibles de leur structure, aux calices fructifères des *Trifolium*. Malgré leur petite dimension, et en consultant les figures grossies 1[a] et 2[a], on distingue un tube campanulé, longitudinalement strié et faiblement resserré à la gorge. Au-dessus du tube, s'étalent cinq segments calicinaux, étroits et acuminés, plutôt érigés que divariqués et plus courts que le tube. L'organe a dû être glabre; comparé à ceux des *Trifolium* actuels, il montre de la ressemblance avec un assez bon nombre d'espèces à calice glabre et faiblement accrescent après l'anthèse. Nous citerons, entre autres, les *Trifolium scabrum* L., *repens* L., *maritimum* Huds., *Thalii* Will. C'est avec le *Trifolium maritimum* que la similitude nous a paru le plus prononcée; cependant les dents du calice de cette espèce actuelle sont ciliées, tandis que celles de l'organe fossile ont dû être glabres, comme dans le *Trifolium Thalii* Will. Les *Trifolium Protocalyx* et *palæogæum* (1), représentés l'un par un calice, l'autre par une feuille, ne sont peut-être que les organes épars d'une seule et même espèce; cependant, comme ils ne proviennent pas du même lit et que le *T. palæogæum* ne laisse pas que d'avoir soulevé des doutes,

(1) Voy. *Révis.*, p. 217; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 119, pl. XVIII, fig. 35.

nous avons préféré décrire séparément des calices dont l'attribution nous semble, au contraire, reposer sur des données sérieuses.

Cytisus L.

442. Cytisus palæocarpus (pl. XIX, fig. 17-18).

C. legumine complanato, oblongo; valvis compressis, tenuiter superficie venulosis, ad maturitatem apertis, secundum suturam ventralem dehiscentibus, sutura autem seminifera mediante connexis, seminumque loco depressione ad faciem interiorem, exterius puncto verrucoso notatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La déhiscence des gousses de Légumineuses, dont le fruit n'est pas lomentacé, ni monosperme et transformé soit en samare, soit en nucule, s'opère par une déhiscence des valves, effectuée tantôt par les deux sutures, de manière à isoler les valves, chacune d'elles emportant une moitié du placenta, tantôt par l'une des sutures seulement, les valves restant alors adhérentes l'une à l'autre, après la dispersion des graines. C'est dans ce dernier état que se présente à nous un Légume fossile, à valves ouvertes et étalées, demeurées en connexion le long de la suture séminifère, trouvé une seule fois dans le gisement d'Aix. Les valves de ce Légume laissent voir l'emplacement des graines, dont le cordon ombilical est encore visible pour l'une d'elles (fig. 17[a]), marqué par une fossette à l'intérieur (fig. grossie 17[a]), par un point verruqueux sur la face extérieure (fig. grossie 18[a]). Nous observons les mêmes caractères de structure et de déhiscence des valves dans les Cytises, dont le fruit s'ouvre à la maturité de la même façon, pour laisser échapper les graines (*Cytisus sessilifolius* L.), et plus particulièrement dans le type canarien des *Spartocytisus* de Webb et Berthelot, qui présente des Légumes à peu près semblables chez le *Spartocytisus nubigenus* W. et B.

β. *Sophoreæ.*

CALPURNIA E. Mey.

443. Calpurnia microcarpa (pl. XIX, fig. 5-7).

C. foliis vero similiter pinnatis plurijugis, foliolis oblongis, basi obtuse attenuatis, apice obtusato leviter emarginatis; legumine parvulo, pedunculato, brevissime stipitato, oblongo-lineari, apicem versus latiusculo obtusoque, stylo persistente oblique mucronato, ala marginali secus suturam seminiferam cincto; seminibus rotundatis; valvis autem superficialiter transversim tenuiter ramoso-venulosis.

Calcaires schisteux de la partie inférieure, au quartier de Saint-Hippolyte. Rare.

La découverte de cette jolie espèce est due à M. Philibert; elle ajoute un genre nouveau à la liste déjà longue de ceux que comprenaient les Légumineuses de la flore d'Aix. L'échantillon (fig. 5, pl. XIX) représente un Légume complet, dans un fort bel état de conservation; il provient des calcaires du quartier de Saint-Hippolyte qui ne sont qu'un prolongement de ceux de la partie inférieure de la formation d'Aix.

Ce Légume est comprimé, de consistance membraneuse, pédicellé en dessous du point où s'insérait le calice et brièvement stipité sur ce point qui laisse encore distinguer quelques débris d'étamines, visiblement libres de toute adhérence mutuelle. La dimension est à peu près celle des Légumes du *Cercis antiqua* Sap.; mais les différences sont trop sensibles pour ne pas frapper : le Légume du *Calpurnia microcarpa* n'est pas lancéolé, mais allongé-linéaire; ses bords sont légèrement sinués; il s'élargit insensiblement et sa terminaison est obtuse.

Le mucron du sommet est tout à fait latéral et une marge ou bordure ailée l'accompagne du côté de la suture séminifère. Les graines, alternativement appliquées sur l'une et l'autre valve, sont au nombre de cinq à six, parfaitement arrondies et un peu échancrées à l'endroit du hile, et contiguës au trophosperme le long duquel elles sont insérées. La nervation

se compose de veinules très fines, transversalement sinueuses, peu visibles sauf sur l'emplacement des semences. — Tous les caractères de ce fruit fossile concordent avec ceux des *Calpurnia*, type dont nous avons signalé la présence à Armissan (1) vers le niveau tongrien récent. Mais tandis qu'à Manosque (2), sur l'horizon de l'aquitanien, en dehors du *Virgilia macrocarpa*, les feuilles et le fruit du *Calpurnia europæa* d'Armissan, dernièrement découverts, diffèrent très peu de l'espèce actuelle la plus connue, le *C. aurea* Lam., le *Calpurnia* d'Aix s'en écarte beaucoup au contraire par les proportions réduites de son fruit trois à quatre fois plus petit, nous réunissons à ce fruit deux folioles très ressemblantes à celles des *Calpurnia*, trouvées dans les mêmes couches (fig. 6 et 7). Le genre *Calpurnia* est maintenant africain ; il s'étend au nord jusqu'en Abyssinie et sa présence à Aix concorde avec les nombreux indices témoignant la liaison qui existe entre la végétation sud-européenne de l'époque tertiaire et celle de l'Afrique contemporaine.

γ. *Dalbergieæ*.

Il est évident que les formes fossiles de Légumineuses, nouvellement observées et rangées par nous dans le groupe des Dalbergiées, ne lui sont attribuées que sous toutes réserves. On reconnaît pourtant que la plupart manifestent, vis-à-vis des Dalbergiées du monde actuel, une affinité apparente, trop prononcée pour être entièrement trompeuse.

Dalbergia L.

α. *Legumina*.

444. **Dalbergia phleboptera** (pl. XVIII, fig. 18).

D. leguminibus mediocribus, membranaceis, compressis, utrinque breviter lanceolatis, superficie leviter venulosis, monospermis, ad locum

(1) *Ét. sur la vég. tert.*, II, p. 370; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 226, pl. XIII, fig. 8.
(2) Voy. *Ét.*, III, p. 114; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. VIII, pl. XIV, fig. 1.

insertionis seminum induratis, anguste secus suturam seminiferam marginatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Le légume est oblong, membraneux, comprimé, ellipsoïde; il est étroitement marginé le long de la suture séminale et la superficie de la valve est finement réticulée-veinuleuse et marquée d'une callosité à l'endroit de la graine qui est unique et centrale.

Cette espèce se rapproche par tous les caractères visibles d'un *Dalbergia* de Ceylan, observé dans l'herbier du Muséum de Paris et plus spécialement du *Dalbergia frondosa* Roxb.

445. **Dalbergia** (Brachypterum ?) **provincialis** (pl. XIX, fig. 19).

D. leguminibus parvulis, lanceolatis, compressis, ala angusta ad latus seminiferum marginatis, monospermis, stylo persistente rostratis; valvis tenuissime venulosis ad locum seminis calloso-induratis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Le légume est fort petit, lancéolé, atténué en pédicelle à la base et apiculé au sommet. Le côté où s'attache la graine, qui est unique, se trouve bordé d'une étroite marge ailée; la valve est occupée par un fin réseau de veinules, et l'emplacement de la semence se trouve marqué par une induration calleuse.

L'espèce ressemble à un *Brachypterum* de Ceylan, *Dalbergia Zeilanica* ? Roxb.

446. **Dalbergia microcarpa** (pl. XVIII, fig. 19).

D. leguminibus minutis, elliptico-obovatis, compressis, sursum mucronatis, anguste alatis marginatisque, superficie venulosis, monospermis; semine centrali funiculo brevi lateraliter appenso.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Le légume est très petit, étroitement marginé, comprimé, monosperme. L'empreinte de la graine est marquée, à ce qu'il

semble, par une induration calleuse. L'espèce ressemble aux *Brachypterum* et aux *Derris* avec des proportions très réduites.

447. **Dalbergia selecta** (pl. XVIII, fig. 20).

D. leguminibus parvulis, elliptico-lanceolatis, compressis, anguste ad latus seminiferum alatis, monospermis; valvis superficie tenuiter reticulatis, ad locum insertionis seminis induratis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'espèce diffère peu de la précédente. Le légume est moins petit, plus régulièrement ellipsoïde, lancéolé au sommet. La réticulation veinuleuse des valves paraît quelque peu différente.

(213) DALBERGIA (BRACHYPTERUM) OLIGOSPERMA, *Micropodium oligospermum* Sap., *Ét.*, I, p. 137; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 290, pl. XIV, fig. 18; *Révis.*, p. 220-221; *Ann. sc. nat.*, 5e série, p. 123, pl. XVIII, fig. 20.

Nous considérons maintenant notre genre *Micropodium* et les formes fossiles de la flore d'Aix que nous avions ainsi nommées comme représentant en réalité des *Brachypterum* Benth., c'est-à-dire comme se rapportant à un sous-genre de *Dalbergia*, actuellement sud-asiatique. Le *Brachypterum oligospermum*, notre ancien *Micropodium* est un des types caractéristiques du gisement. Ses empreintes sont fréquentes, non seulement dans les gypses et les lits qui les séparent et alternent avec eux, mais encore dans les marnes de la montée d'Avignon.

Le légume s'amincit à la base sur un court pédicule et les valves sont couvertes de veinules dirigées dans un sens oblique et finement réticulées.

β. *Foliola.*

448. **Dalbergia superstes** (pl. XVI, fig. 14).

D. foliolis breviter in cuneum basi attenuatis, apice truncatis; nervis secundariis plurimis obliquissime e nervo primario prodeuntibus, venulis obliquis mediantibus inter se in reticulum conjunctis.

Lits marneux de la montée d'Avignon. — Très rare.

La foliole est unique, petite, atténuée en coin obtus sur un très court pétiolule, tronquée au sommet et parcourue par des nervures déliées, émises le long de la médiane dans un sens des plus obliques. Ces nervures sont reliées entre elles par des veinules obliques et forment un réseau dont notre figure grossie 14* reproduit les plus petits détails. L'empreinte ressemble beaucoup aux folioles du *Dalbergia frondosa* Roxb., des Indes.

449. **Dalbergia affinis** (pl. I, fig. 12).

D. foliolis oblongo-obovatis, basi obtuse breviter attenuatis, apice rotundato leviter emarginatis ; nervo primario gracili ; secundariis sparsis, tenuibus, suboblique areolatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Foliole isolée; distincte de la précédente par sa forme obovale oblongue, le sommet arrondi légèrement émarginé et la disposition très différente des nervures. Très analogue aux folioles du *Dalbergia Thompsoni* Benth., espèce de l'Inde.

450. **Dalbergia adjuncta** (pl. XI et XII, fig. 11).

D. foliolis elliptico-ovatis, basi obtuse breviter attenuatis, apice obtusatis, penninerviis ; nervis secundariis sparsis, subobliquis, secus marginem curvatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La foliole trouvée une seule fois est plus grande que les deux précédentes, ovale-elliptique, obtuse au sommet, faiblement atténuée vers la base qui paraît sessile. Elle ressemble à plusieurs folioles de *Dalbergiées* de l'Inde, spécialement à celles du *Derris oblonga* Benth. — Elle est encore comparable à celles des *Gymnocladus*.

451. **Dalbergia collecta** (pl. XVII, fig. 23).

D. foliolis ovatis, basi apiceque obtusatis; nervo primario gracili; secundariis sparsis, sub angulo aperto emissis, curvato-areolatis.

Petite foliole isolée, ovale-obtuse, qui dénote certainement une Légumineuse et paraît avoir appartenu au groupe des Dalbergiées.

452. **Dalbergia minima** (pl. XIX, fig. 8).

D. foliolis minutis ellipticis, utrinque, basi autem inæqualiter obtusatis ; nervo primario expresso ; secundariis sparsis, curvatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Très petite foliole de consistance ferme ou coriace, sessile, ellipsoïde obtuse aux deux extrémités. La nervure médiane est assez fortement marquée ; les latérales sont assez peu visibles.

453. **Dalbergia emarginata** (pl. XVI, fig. 7).

D. foliolis oblongis, basi obtuse in cuneum attenuatis, apice autem leviter emarginatis ; nervis secundariis oblique emissis.

Dans les gypses exploités. — Très rare.

Foliole oblongue, atténuée en coin inférieurement et échancrée en cœur au sommet, comme celles de plusieurs Dalbergiées.

δ. Cæsalpinieæ.

GYMNOCLADUS Lamk.

454. **Gymnocladus modesta** (pl. XVII, fig. 26).

G. foliolis ovato-lanceolatis, basi petiolulatis, sursum obtuse acutis ; nervo primario gracili ; secundariis subtilibus arcuatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La foliole ressemble en plus petit à celles du *Gymnocladus dioica* L. Elle en reproduit tous les caractères, en sorte que le rapprochement générique proposé par nous semble des plus légitimes.

CÆSALPINITES Sap.

455. **Cæsalpinites colligendus** (pl. XIX, fig. 24).

C. foliolis coriaceis, elliptico-ovatis, basi rotundatis, apice obtusatis; nervo primario expresso; secundariis tenuibus, curvatis, in reticulum subtile solutis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Le contour ellipsoïde-obtus de cette foliole, sa consistance ferme ou même coriace et les détails de sa nervation semblent dénoter une Césalpiniée semblable aux *Leptolobium* et assimilable à un *Cæsalpinia*, de Ceylan, que nous avons observé dans l'herbier du Muséum de Paris.

456. **Cæsalpinites oxycarpus** (pl. XX, fig. 16, et pl. XI et XII, fig. 12) (1).

C. fructu parvulo, compresso, pedicellato, arcuatim subfalcato, in alam brevem antice producto.

Plaques schisteuses des gypses exploités. — Très rare.

L'espèce consiste en un très petit légume pédicellé, coriace, probablement monosperne et indéhiscent, dont le bord antérieur donne lieu en s'amincissant à un court appendice ailé. Ce fruit, malheureusement peu déterminable, peut être comparé à ceux de plusieurs Césalpiniées.

CASSIA L.

457. **Cassia aquensis** (pl. XVII, fig. 25, et pl. XIX, fig. 10).

C. foliolis sessilibus, ovato-lanceolatis, basi obtusatis, apice breviter acutis; nervo primario expresso; secundariis sub angulo aperto emissis, ante marginem arcu obtusissimo conjuncto-areolatis; tertiariis in rete

(1) Figure grossie.

venosum retroflexum solutis ; — legumine lineari, elongato, stricto, utrinque marginato, compresso.

Calcaires en plaques de la partie moyenne. — Très rare.

Il est difficile de ne pas reconnaître dans cette foliole, dont le limbe a été fortement plissé sur un point, au moment de la fossilisation, une Casse très voisine par les caractères de forme et de nervation de ses folioles du *C. lævigata* L. et d'autres espèces. Nous réunissons avec doute à cette foliole un fragment de légume, allongé étroitement, atténué vers la base et cerné d'un rebord marginal très prononcé. Cet organe reproduit l'aspect des fruits de certaines espèces de *Cassia ;* mais son état fragmentaire s'oppose à une exacte détermination.

CERCIS L.

(224) CERCIS ANTIQUA Sap., *Révis.*, p. 221 ; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVIII, p. 123, pl. XVII, fig. 7-15.

De nouveaux échantillons des feuilles et des légumes de cette curieuse espèce, maintenant bien connue, ont été recueillis dans le lit marneux de la montée d'Avignon, à la base du gisement.

ε. *Mimoseæ.*

MIMOSA Adans.

458. **Mimosa macroptera** (pl. XIX, fig. 9).

M. foliolis conjugatis, margine interiori dimidiatis, late expansis, triplinerviis, basi in cuneum inæqualiter attenuatis ; tertiariis laxe reticulatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'empreinte est celle de la moitié inférieure d'une foliole conformée comme celles des *Mimosa*, tronquée-dimidiée le long du bord intérieur, atténuée en coin allongé à la base et occupée par deux nervures, dont la plus faible longe la marge,

tandis que la principale se recourbe légèrement en tenant le milieu de la foliole. Nous comparons cette espèce, dont l'attribution nous semble très légitime, au *Mimosa nuda* Benth., qui présente des folioles ayant le même aspect.

459. **Mimosa Philiberti** (pl. XIX, fig. 21).

M. foliis paucijugis; foliolis terminalibus, sat longe tenuiterque pedicellatis, oppositis, obovatis, ad basin margine interiori in cuneum dimidiatis, exteriore autem rotundatis, triplinerviis; nervo basilari lateris exterioris oblique ramoso.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Les deux moitiés d'une feuille de cette espèce, conjuguées et appliquées l'une sur l'autre au sommet d'un pétiole commun, grêle et assez long, dénotent bien certainement la présence à Aix d'un *Mimosa* très éloigné du précédent et distinct également du *M. deperdita* Sap., précédemment signalé (1). Notre nouveau *Mimosa*, dédié à M. Philibert qui l'a découvert, se rapproche très sensiblement des espèces du genre à folioles peu nombreuses et relativement grandes, particulièrement du *M. purpurea* L., ainsi que du *M. Ceratina* L., qui sont des formes américaines.

ACACIA Neck.

α. Legumina.

(226) ACACIA OBSCURA Sap., *Révis.*, p. 228, *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVIII, p. 130, pl. XVIII, fig. 9-10. — Pl. XIX, fig. 3.

Plaques calcaires de la partie inférieure, au quartier de Saint-Hippolyte, près d'Aix.

Nous figurons un nouveau et très bel échantillon de cette espèce, trouvé dans le gisement de Saint-Hippolyte. Il repré-

(1) Voy. *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 138; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 291, pl. XIV, fig. 6.

sente un fruit parfaitement intact et encore adhérent au sommet du pédoncule floral. L'attribution de ce légume aux *Acacia* se trouve ainsi confirmée. Nous avions comparé cette forme à l'*Acacia fallax* E. Mey., de la région du Cap.

(229) ACACIA BREVIOR Sap., *Révis.*, p. 229, *Ann. sc. nat.*, 5e série. t. XVIII, p. 131, pl. XVIII, fig. 8. — Pl. XIX, fig. 1-2.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Nous attribuons à cette espèce, précédemment signalée, deux nouveaux fruits. L'un (fig. 1), parfaitement entier et remarquablement conservé, ne s'écarte pas sensiblement de celui que nous avions figuré en premier lieu. Il est stipité à la base, obtus et arrondi au sommet, tétrasperme, et l'une des graines encore visible et en place, affecte un contour orbiculaire un peu allongé dans le sens transversal. L'autre fruit (fig. 2) consiste en une valve détachée qui diffère un peu de l'échantillon type par le contour élargi du sommet. L'emplacement des graines se trouve marqué par une impression transversalement ovale. Les graines étaient ici au nombre de six environ et l'on distingue un fin réseau de veinules transversalement dirigées d'un bord à l'autre de l'ancien organe.

460. **Acacia brachycarpa** (pl. XIX, fig. 11).

A. leguminibus subcoriaceis, compressis, abbreviatis, latiusculis, 2-3 spermis, basin versus attenuatis, apice obtusato rotundatis exserteque breviter mucronulatis; valvarum venulis transversim delineatis; seminibus parvis transversim ellipticis.

Assise calcaire de la partie inférieure. — Très rare.

Le légume fossile, d'après lequel nous établissons cette nouvelle espèce, est d'une conservation admirable et très nettement caractérisé, sa consistance a dû être plus ou moins coriace. Il est comprimé, court et large proportionnellement, sinué et rapidement atténué vers la base, élargi, arrondi et

comme tronqué au sommet qui se trouve surmonté d'un très court mucron exsert et fin. La surface des valves, plus ou moins bosselées, est marquée de fines veinules, tranversalement dirigées. Les semences sont petites, ellipsoïdes dans le sens de la largeur. On en distingue deux et, au-dessous, encore le vestige d'une troisième graine avortée, située vers le point où le légume se rétrécit. Cette espèce doit être évidemment rapprochée de l'*Acacia mellifera* Benth., d'Abyssinie, dont le fruit présente à peu près les mêmes caractères de forme et de nervation.

461. **Acacia exilis** (pl. XIX, fig. 4).

A. leguminibus compressis, membranaceis, parvulis, elongato-linearibus, pleiospermis, basi sensim tenuiter acuminatis; valvis oblique transversim venulosis; seminibus elliptico-rotundatis.

Marnes de la montée d'Avignon. — Très rare.

Le fruit de cette espèce, bien distincte des précédentes, est petit, étroit et long, de consistance membraneuse, à ce qu'il semble. Il est accidentellement mutilé vers le milieu, circonstance qui enlève la notion des caractères que pourrait fournir son mode de terminaison supérieure. La base de l'organe est insensiblement atténuée et les valves étroites présentent des veinules obliquement transversales, ramifiées en un réseau assez lâche. Les graines au nombre de trois sont ellipsoïdes-subarrondies, assez espacées. Plusieurs formes actuelles d'*Acacia* ont des fruits qui offrent la même apparence, entre autres l'*A. leucocephala* Desf., d'Amérique.

β. *Foliola.*

462. **Acacia gracillima** (pl. XVIII, fig. 22-23).

A. foliis verosimiliter bi-tripinnatis; foliolis minutissimis, sessilibus, lineari-elongatis, apice obtuse attenuatis, basi inæqualibus.

Calcaires et calcaires marneux de la partie inférieure.

Les folioles éparses de cette espèce sont assez répandues. Leur attribution ne saurait être douteuse : très menues, sessiles, étroitement linéaires, obtusément atténuées au sommet, inégales à la base, elles reproduisent les caractères de forme et de nervation de celles des *Acacia nilotica* L., *virgata* L., *cornigera* Wild. Leur mode de terminaison du sommet les distingue des folioles de l'*A. longinqua* Sap., recueillies dans les mêmes couches.

463. **Acacia oblita** (pl. XVIII, pl. 28-29, et pl. XIX, fig. 12-15).

A. foliis verosimiliter bi-tripinnatis ; foliolis sessilibus, ellipsoideis, utrinque obtusatis.

Calcaires et calcaires marneux de la base.

Les folioles de cette espèce sont plus larges, plus ellipsoïdes et moins linéaires que celles de l'*Acacia gracillima*. Elles s'écartent de celles de l'*A. longinqua* Sap. par la terminaison obtuse, presque arrondie, de leur extrémité supérieure. Parmi les espèces vivantes, elles ressemblent aux folioles de l'*A. leucocephala* L.

464. **Acacia assimilanda** (pl. XVIII, fig. 24, 25 et 27).

A. foliis verosimiliter bi-tripinnatis ; foliolis minutissimis, sessilibus, breviter elliptico-linearibus, utrinque obtusis, apice autem obtuse acutis.

Calcaires et calcaires marneux de la partie inférieure.

Les folioles se rapprochent de celles de l'*A. gracillima*; mais elles sont plus courtes, moins linéaires et terminées au sommet par une pointe des plus obtuses. Elles dénotent une forme alliée de près à l'*Acacia* dont nous venons de parler, mais qui ne saurait être confondue avec celui-ci.

465. **Acacia discreta** (pl. XVIII, fig. 26).

A. foliis verosimiliter bi-tripinnatis; foliolis minutis, brevissime petiolulatis, oblongis, sursum brevissime apiculatis.

Calcaires et calcaires marneux de la partie inférieure.

La foliole paraît ici un peu plus grande et plus large, elle se termine en une pointe aiguë, mais très courte à l'extrémité supérieure, tandis que la base se trouve arrondie sur un court pétiolule.

466. **Acacia adscripta** (pl. XIX, fig. 22).

A. foliis verosimiliter pinnatim compositis; foliolis sessilibus, oblongo-ovatis, utrinque basi autem inæqualiter obtusatis, apice paulisper emarginatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'espèce est établie d'après une foliole isolée, sessile, ovale-oblongue, obtuse aux deux extrémités, un peu émarginée au sommet et inégalement arrondie à la base; elle est plus grande que les précédentes et s'en distingue aisément, à ce qu'il nous paraît.

LEGUMINOSITES Brngt.

Après les attributions génériques qui précèdent, il reste à inscrire, comme ayant fait sans doute partie du groupe des Légumineuses, les espèces suivantes :

a. Legumina.

467. **Leguminosites microspermus** (pl. XIX, fig. 16).

L. fructus valva distracta, subcoriacea, ovoideo-elliptica, transversim leviter delineata, scrobiculis ad locum seminis insertionis signata, disperma.

Calcaires marneux de la partie inférieure. — Rare.

L'organe a certainement appartenu à une Légumineuse : il consiste en une valve détachée, plus ou moins coriace, étroitement marginée, brisée dans le haut, marquée de linéaments transverses multipliés, qui porte l'impression de deux graines dont l'emplacement est occupé par une induration calleuse.

468. **Leguminosites verrucosus** (pl. XIX, fig. 20).

L. fructus valva distracta, crasse coriacea, oblongo-elliptica, breviter apice mucronata, margine lævi circumcincta, medio autem verrucosa.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous pensons reconnaître la valve d'un fruit de Légumineuse détachée et de consistance coriace dans une empreinte reproduite fidèlement par notre figure 20, planche XIX, grossie en 20ᵃ. La valve, accompagnée d'un rebord plat et uni, et surmonté d'un court mucron, présente dans le milieu une zone verruqueuse. Il paraît difficile de préciser davantage les caractères de cette espèce.

β. *Foliola.*

469. **Leguminosites superstes** (pl. XVIII, fig. 21).

L. foliolis minutis, fere sessilibus, suborbiculatis, basi inæqualibus, apice autem emarginatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La petite foliole que nous signalons ici et dont notre figure 21ᵃ, planche XVII, donne une reproduction grossie, doit être attribuée à une Légumineuse. — On rencontre des folioles semblables dans plusieurs sections du groupe : Sophorées, Césalpiniées ou Mimosées. Nous ajouterons que notre *Leguminosites superstes* rappelle en petit le *Colutea Salteri* de Heer (1) et pourrait bien dénoter une espèce de ce genre, actuellement encore indigène de la région provençale.

(1) *Fl. tert. Helv.*, III, p. 348. — Schimp., *Traité de pal. végét.*, pl. CIV, fig. 12.

470. **Leguminosites restitutus** (pl. XIX, fig. 23).

L. foliolis sessilibus, late obovatis, brevissime sursum in apicem obtusum abeuntibus, penninerviis, nervis secundariis secus marginem curvatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'espèce est représentée par une assez petite foliole sessile, élargie dans le haut, terminée par une pointe exserte, obtuse et des plus courtes. Le bord est parfaitement entier et les nervures secondaires se recourbent le long de la marge. Il nous a paru difficile de préciser les affinités de cette forme qui doit pourtant avoir appartenu au groupe des Légumineuses.

SPECIES INCERTÆ SEDIS.

Nous plaçons ici tous les organes ou fragments d'organes dont il nous a paru difficile de préciser l'attribution générique d'une façon tant soit peu probable. Ce sont des feuilles, des fleurs, des calices dépouillés ou non de leur corolle, des gynécées, des carpelles, des fruits ou des graines. Nous allons les décrire sous les dénominations provisoires de *Phyllites*, *Anthites*, *Carpites* et *Spermites*, avec l'espoir que l'on parviendra graduellement à proposer pour chacun de ces organes une détermination moins vague, en les assimilant aux parties respectivement semblables de quelqu'un des végétaux actuels.

α. PHYLLITES Sternb.

471. **Phyllites squamosus** (pl. XIII, fig. 6).

Ph. foliis minutis, coriaceis, sessilibus, elliptico-oblongis, margine cartilagineo-cinctis, apice breviter mucronatis; nervo primario fortiter expresso, cæteris inconspicuis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Il est difficile de décider s'il s'agit d'une écaille, d'une

bractée détachée ou d'une petite feuille sessile et coriace, dont il existerait des exemples chez les Éricinées.

472. **Phyllites assimilis** (pl. XIV, fig. 2).

Ph. foliis breviter petiolatis, lanceolato-oblongis, basi breviter in petiolum attenuatis, apice obtusatis, integerrimis, penninerviis ; nervo primario expresso, secundariis sub angulo aperto emissis, arcu obtusissimo secus marginem conjunctis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

La feuille ressemble à celles du *Quercus elliptica ;* mais elle est plus petite, plus obtuse supérieurement ; elle ne constitue peut-être qu'une variété de cette espèce, ou bien encore faudrait-il l'assimiler a l'*Andromeda subterranea* Sap.

473. **Phyllites pistaciæformis** (pl. XVI, fig. 2).

Ph. foliis verosimiliter pinnatim compositis ; foliolis ovatis, sessilibus, integris ; nervo primario expresso ; secundariis secus marginem curvato-anastomosatis.

Dans les gypses exploités. — Rare.

Nous décrivons à part cette foliole qui se rattache d'une façon plus ou moins étroite à celles du *Pistacia reddita* (1) Sap.

474. **Phyllites plicato-rugosus** (pl. XVI, fig. 5).

Ph. foliis vel foliolis coriaceis, sessilibus obovatis, apice obtusatis, superficie plicato-rugosa ; nervis fere immersis ; secundariis ante marginem curvato-areolatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'empreinte que nous figurons ici est celle d'une feuille ou

(1) Voy. *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 124; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 277, pl. XIII, fig. 2.

foliole obovée, sessile, arrondie-obtuse au sommet, parfaitement entière, et ridée à la surface. La nervure médiane décroît d'épaisseur de la base au sommet, et se trouve accompagnée de secondaires repliées en aréoles le long des bords et à peine visibles. Il est difficile de proposer pour cette feuille une attribution raisonnée.

475. **Phyllites repertus** (pl. XVI, fig. 8).

Ph. foliis obovatis, subspathulatis, basi fere sessili nullum in cuneum attenuatis, apice rotundato leviter emarginatis; nervo primario expresso; secundariis sub angulo aperto emissis, ante marginem curvatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Petite feuille d'une attribution incertaine. Peut-être se trouve-t-on en présence d'une Buméliacée.

476. **Phyllites socius** (pl. XVI, fig. 11).

Ph. foliis sessilibus, elliptico-oblongis, apice obtusissimis, basi attenuatis, integerrimis; nervo medio expresso; secundariis curvatim areolatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Cette feuille ressemble à la précédente par la nervation; mais elle est plus allongée-ellipsoïde et non émarginée au sommet. Elle dénote une espèce distincte, ayant appartenu peut-être aux Ébénacées ou aux Éricacées.

477. **Phyllites proximus** (pl. XVI, fig. 12).

Ph. foliis breviter petiolatis, elliptico-lanceolatis, apice obtusatis, integerrimis; nervis secundariis curvatis, secus marginem curvato-areolatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

La feuille est petite, elliptique-lancéolée, obtuse au som-

met. Elle diffère peu de celles de l'*Andromeda subterranea* et doit peut-être lui être réunie.

478. **Phyllites extractus** (pl. XVI, fig. 9).

Ph. foliis breviter petiolatis, ovatis, apicem versus sensim attenuatis, integerrimis, penninerviis; nervis secundariis curvatis, ante marginem arcu obtusissimo inter se conjunctis; tertiariis flexuosis, transversim decurrentibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Il est difficile de préciser une attribution générique à l'égard de cette feuille qui rappelle par son aspect celles des Asclépiadées et quelque peu aussi celles de certaines Solanées.

479. **Phyllites litigiosus** (pl. XVIII, fig. 4).

Ph. foliis foliolisve sessilibus, obovato-linearibus, apice obtusatis, integerrimis; nervo primario expresso; secundariis sub angulo aperto emissis, secus marginem curvato-areolatis.

Calcaires de la partie inférieure.

Petite feuille ou foliole sessile, oblongue, linéaire-obovée, obtuse au sommet. Les nervures secondaires, émises sous un angle ouvert et subopposées, se recourbent en arceau le long des bords. On dirait la feuille de quelque Myrtacée ou peut-être la foliole d'un *Pistacia*. Il n'y aurait rien d'invraisemblable à admettre la réunion de cette feuille considérée comme représentant une foliole, au *Pistacia aquensis*, dont elle reproduit assez sensiblement l'aspect.

480. **Phyllites spinulosus** (pl. XVI, fig. 10).

Ph. foliis minutis, breviter petiolatis, lanceolato-linearibus, basi obtuse attenuatis, apice autem acutis, margine denticulatis denticulis

argute spinulosis ; nervo primario expresso ; secundariis tenuibus sparsis, ante marginem conjuncto-ramosis.

Calcaires marneux de la montée d'Avignon. — Très rare.

La feuille est petite, étroite, lancéolée-linéaire, pétiolée, marginée et pourvue le long du bord de denticules épineuses. Par l'aspect, cette feuille ressemble aux *Baccharites;* mais elle est beaucoup plus petite ; elle pourrait avoir appartenu, aussi bien que ceux-ci, à une plante de la famille des Composées. Il existe des feuilles analogues dans les Euphorbes.

481. **Phyllites pachydermus** (pl. XVI, fig. 17).

Ph. foliis coriaceis, sessilibus, elliptico-oblongis, basi apiceque obtusatis, margine cartilagineo-cinctis, tenuiter punctulatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Petite feuille ou foliole sessile, entière, cartilagineuse, cernée d'un étroit rebord marginal, obtuse aux deux extrémités et parsemée de ponctuations fines. Il nous a paru difficile de lui assigner une attribution générique tant soit peu vraisemblable.

482. **Phyllites vestitus** (pl. XVI, fig. 18).

Ph. foliis parvulis, sessilibus, verosimiliter sericeis, utrinque obtusatis, anguste lineari-ellipticis ; nervis secundariis obliquissime delineatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Assez rare.

Les feuilles de cette espèce, dont il existe plusieurs exemplaires, sont petites, entières, sessiles, étroitement linéaires-ellipsoïdes, obtuses aux deux extrémités. Elles devaient être recouvertes de poils soyeux et laissent voir, des deux côtés de la médiane, des nervures secondaires presque longitudinales, par suite de leur extrême obliquité, et reliées entre elles par

des nervilles obliques. On observe des feuilles analogues chez les Thymélées.

483. **Phyllites mimosæformis** (pl. I, fig. 13).

Ph. foliis paripinnatim compositis; foliolis sessilibus, in cuneum inæqualiter basi attenuatis, apice truncatis, nervulis plurimis longitudinaliter percursis, ad apicem petioli communis conjugatis, deflexisque.

Calcaires marneux de la montée d'Avignon. — Très rare.

Il se peut que nous ayons ici sous les yeux l'empreinte d'un segment de feuille d'une Mimosée, présentant une foliole encore en place à l'extrémité du pétiole commun et laissant entrevoir l'origine de la foliole attachée en regard de celle dont notre figure reproduit l'empreinte. L'échantillon est trop imparfait pour donner lieu à une détermination tant soit peu rigoureuse.

β. ANTHITES Schimp.

Les fleurs, les calices ou corolles, les réceptacles et les débris d'inflorescence, d'une attribution générique incertaine, se trouvent réunis sous la dénomination commune d'*Anthites*, due à Schimper.

484. **Anthites exul** (pl. XVI, fig. 25, et pl. XVII, fig. 20).

A. floribus, ut videtur, hepta-octomeris, corollam stellatim 7-8 partitam calycis ad faucem insertam vel semisuperam proferentibus, tubi calycini infundibuliformis, cum ovario plus minusve deorsum coaliti segmentis sursum acuminatis dorsoque medio carinatis, cum corollæ lobis segmentisve totidem, breviter lanceolatis alternantibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Les caractères de cette fleur fossile, dont il existe au moins deux exemplaires, reproduits par nos figures 25, planche XVI, et 20, planche XVII (grossis en 25ª et 20ª), sont diffi-

ciles à préciser, bien que le calice et la corolle paraissent respectivement occuper leur place naturelle et que leur état de conservation soit satisfaisant. — On distingue à coup sûr un calice gamopétale, en forme de tube en entonnoir à la base et renfermant, à ce qu'il paraît, l'ovaire inférieurement, s'évasant au-dessus de lui pour donner lieu dans le haut à cinq divisions ou segments à demi étalés, acuminés et distinctement carénés sur le milieu de leur face dorsale. L'organe dans son intégrité devait comprendre de sept à huit segments. Sur le pourtour intérieur du tube calicinal se trouve insérée la corolle dont on aperçoit les lobes soudés entre eux inférieurement. Lancéolés-obtus, pourvus chacun d'une nervure médiane, ils alternent régulièrement avec les segments calicinaux. Après des recherches répétées, le rapprochement le moins invraisemblable à proposer pour cette fleur éocène nous a paru se rencontrer parmi les Primulacées, les Myrsinées et les Saxifragacées, peut-être encore chez les Lythrariées, plutôt que dans d'autres régions de l'ensemble des Dycotilées. Nous ne saurions rien ajouter de précis à cette vue toute conjecturale.

485. **Anthites spoliatus** (pl. XX, fig. 2).

A. calyce breviter pedunculato, urceolato, corolla destituto, sursum 4-5 partito; segmentis erectiusculis, obtuse acuminatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

On distingue un très petit calice urcéolé, soutenu par un court pédoncule, et divisé en quatre ou peut-être en cinq segments, connivents dans le bas, puis faiblement divariqués, acuminés-obtus au sommet. L'intérieur paraît vide. L'attribution est difficile par défaut de caractères différentiels.

486. **Anthites trifidus** (pl. XVI, fig. 4).

A. calyce ? persistente, deorsum breviter in infundibulum angustato,

4-carinato, sursum in segmenta verosimiliter quatuor, patentim expansa acuminataque dissecto.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Il est difficile de définir l'organe que nous avons ici sous les yeux. Serait-ce un calice persistant et détaché, un méricarpe d'Ombellifère ou simplement une bractée scarieuse dans le genre de celle des *Betula?* Nous pensons plutôt reconnaître en lui un calice tubuleux inférieurement, divisé dans le haut en quatre segments étalés et distinctement carénés sur le milieu de leur face dorsale.

487. **Anthites fragilis** (pl. XVII, fig. 18).

A. calycibus patentim brevissime tubulosis, gregatim pedicellatis, ovarium fructumve verosimiliter tegentibus, in segmenta obtuse acuta erectaque sursum partitis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

On reconnaît dans cette empreinte le fragment détaché d'une inflorescence, comprenant deux pédicelles réunis par sympodie sur un pédoncule commun. Chaque pédicelle se trouve surmonté d'une fleur fécondée, dont la figure 18[a], planche XVII, reproduit fidèlement l'aspect. La fleur est constituée par un calice gamosépale en tube court et ouvert, surmonté de cinq segments érigés, en pointe obtuse peu prolongée. L'intérieur du calice semble occupé par un ovaire engagé à plusieurs loges ou compartiments. Il est difficile de porter un jugement sur cet organe.

488. **Anthites caryophylloides** (pl. XVII, fig. 17).

A. calyce tenuiter pedicellato, campanulato, ore parum restricto in lacinia quinque acuminata tortiliaque sursum dissecto ; stylis duobus linearibus exsertis erectisque.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nous pensons reconnaître dans cette fleur, dont notre figure 17ᵃ donne tous les détails grossis, une Caryophyllée. Du moins, les fleurs de beaucoup de plantes de ce groupe présentent le même aspect que l'organe fossile, lorsque, à la suite de la fécondation, les calices persistent après la chute des pétales et le gonflement de l'ovaire recouvert par le tube calicinal. On distingue ici les segments étroitement acuminés de ce tube et, au milieu, les traces de deux styles exserts, érigés et linéaires.

489. **Anthites obscurus** (pl. XVII, fig. 22).

A. calycis vel corollæ partibus segmentisve linearibus, acuminatis, erecto-patentibus, uninerviis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

On distingue assez confusément les divisions étroitement linéaires et acuminées dans le haut, érigées et conniventes, d'une fleur trop indistincte dans les détails de son organisation pour pouvoir se prêter à une interprétation raisonnée.

490. **Anthites residuus** (pl. XVI, fig. 22).

A. corollæ aut floris adhuc clausi partibus in globulum ovatum squamulis linearibus ad basin involucratum coalitis.

Calcaires de la base. — Très rare.

Il paraît difficile de saisir la vraie nature de cette empreinte qui semble se rapporter aux parties encore closes et serrées en bouton d'un organe floral, involucré à la base par une collerette de petites bractées linéaires.

491. **Anthites clausus** (pl. XX, fig. 20).

A. calyce aut ovario conico adhuc clauso, receptaculo sessili, ut videtur, imposito.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Sorte de bouton ou d'ovaire clos et de forme conique, qui repose sur un réceptacle sessile, à peine visible.

γ. CARPITES Schimp.

Les fruits ou parties de fruits ; les carpelles détachés, les capsules ou loges et les ovaires fécondés se trouvent compris sous cette dénomination générique, proposée par Schimper.

492. **Carpites capsularis** (pl. XVI, fig. 21).

C. capsula breviter ovata, sessili, lobis calycinis basi suffulta, ore aperta, valvis inter se deorsum coalitis parce hiantibus.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

On distingue l'empreinte d'un fruit capsulaire, ovoïde, dont les valves, soudées inférieurement, déhiscentes dans le haut, s'écartent peu. Par sa structure apparente, ce fruit fossile rappelle les capsules d'*Andromeda*.

493. **Carpites trapæformis** (pl. XVII, fig. 11).

C. fructu sessili, nucamentaceo?, coriaceo, parvulo, sensim deorsum attenuato, apice in discum margine, ut videtur, spinosum dilatato.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Notre figure 11ª représente, sous un assez fort grossissement, les caractères visibles de ce petit fruit, qui rappelle celui des *Trapa* par sa conformation apparente, sur des dimensions très réduites.

494. **Carpites nucamentosus** (pl. XVII, fig. 3-4).

C. fructu nucamentaceo, sessili, 3-4 ovato-conico, longitudinaliter costulato, in apicem breviter acuminato.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Nos figures 3 et 4, planche XVII, reproduisent l'aspect de ce fruit, la figure 4 d'après un moule en relief. Il ressemble à celui des *Fagus* sous des dimensions très réduites ; mais il existe aussi des fruits similaires par leur apparence extérieure dans les Polygonées et plusieurs autres groupes.

495. **Carpites appendiculatus** (pl. XVII, fig. 5).

C. carpellis seminibusve e corpore nucamentaceo, compresso, orbiculari striatoque constante, desuper in alam membranaceam breviter obtuseque attenuatam, apice leviter emarginatam expansa.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'organe représenté par la figure 5, et grossi en 5ª, se rapporte soit à un carpelle samaroïde, soit à une graine pourvue supérieurement d'un appendice membraneux et court, atténué-obtus et légèrement émarginé au sommet.

Nous avons remarqué de la ressemblance entre cet organe fossile et les Légumes monospermes et samaroïdes du *Psorabea bituminosa* L. ; nous ne donnons pourtant ce rapprochement que sous toutes réserves.

496. **Carpites sulcato-rugosus** (pl. XX, fig. 1).

C. valva capsulari ovata, medio septifera, dorso tenuiter ruguloso-sulcata.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Il nous est impossible d'assigner une attribution tant soit peu précise à cette empreinte qui se rapporte à une valve détachée d'un fruit capsulaire. Elle ressemble à celles de certains fruits de Célastrinées et de Pittosporées, groupes représentés dans la flore d'Aix par des feuilles.

497. **Carpites discoidalis** (pl. XX, fig. 4).

C. fructu sessili, minuto, monospermo, disco epigyno superato.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'organe reproduit par notre figure 4, planche XX, et fortement grossi, d'après un moule, en 4[b] fait voir un petit fruit, peut-être un carpelle détaché, monosperme et surmonté d'un disque épais. Il se peut qu'on doive reconnaître dans cette empreinte, celle d'un méricarpe d'Ombellifère.

498. **Carpites glomeratus** (pl. XX, fig. 21).

C. fructu e carpellis plurimis contiguis, coadunatis, verticillatim ordinatis effecto.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Il semble que l'on doive ici reconnaître le fruit pluricarpellé d'une Malvacée, constitué par un verticille de carpelles contigus et à demi adhérents entre eux. Notre figure 21[a], qui reproduit l'organe fossile assez fortement grossi et d'après un moule en relief, rend fidèlement son aspect.

499. **Carpites punctulatus** (pl. XX, fig. 10-11).

C. fructu capsulari, ovato, apice attenuato, extus punctato-rugosulo, basi breviter pedicellato.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

Ce fruit capsulaire, ponctué finement et chagriné à l'extérieur, plus ou moins atténué en pointe au sommet, doit être réuni peut-être à ceux que nous avons attribués précédemment au *Populus Heeri*. Ce sont des deux parts la même apparence chagrinée de la superficie et une terminaison supérieure en bec obtus. Pourtant, l'organe encore clos ne laisse pas entrevoir de suture valvaire, et nous avons préféré le décrire à part plutôt que de le confondre mal à propos avec des capsules de *Populus*.

500. **Carpites decipiens** (pl. XX, fig. 22-26).

C. carpellorum valvis, ab axi ad maturitatem solutis, coriaceis, extus rugosis, sursum in appendicem plus minusve acuminatum productis.

Calcaires de la partie inférieure. — Assez rare.

Les organes que nous figurons sous cette dénomination consistent, à ce qu'il semble, en des valves carpellaires, détachées à la maturité, coriaces, terminées en pointe ou même appendiculées au sommet, rugueuses à l'extérieur et plus ou moins comprimées dans le fruit. Ces valves montrent l'une ou l'autre face, l'extérieure rugueuse et ridée (fig. 23-25), l'intérieure (fig. 22) avec la trace de graines appliquées contre cette face. Il nous serait difficile de marquer une affinité plus précise et nous renvoyons à nos figures grossies, 22ᵃ et 22ᵇ, 23ᵃ et 24ᵃ, 25 et 26, qui reproduisent fidèlement les détails grossis et en relief, d'après des moules, de ces organes dont la détermination générique nous échappe.

501. **Carpites pusillus** (pl. XX, fig. 7).

C. carpellis acheniisve minutis, firme membranaceis, compressis, sessilibus, ovatis, sursum breviter acutis, superficie venulosis.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Il ne semble pas invraisemblable de reconnaître dans ce petit fruit, dont notre figure 7ᵃ reproduit l'aspect sous un assez fort grossissement, le carpelle détaché, mutique, comprimé, submembraneux, de quelque Renonculacée.

502. **Carpites incertus** (pl. XX, fig. 19).

C. fructu aut ovario minuto, ovato, breviter sursum obtuse attenuato, longitudinaliter levissime delineato.

Petit fruit ovale sessile, atténué obtusément au sommet, dont il paraît impossible de préciser l'attribution.

503. **Carpites collectus** (pl. XVII, fig. 19).

C. fructu baccæformi, ovato, parvulo, superficie lævi, obscure longitudinaliter delineato.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Petit fruit lisse ovoïde, très finement strié dans le sens longitudinal, sessile et obtus au sommet. Il peut être assimilé à une foule d'organes ayant la même apparence, sans qu'il soit possible de rien préciser à son égard.

504. **Carpites compressus** (pl. XVIII, fig. 12).

C. fructu verosimiliter baccato, late globoso, plus minusve carnoso, superficie tenuissime granuloso.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

Peut-être faudrait-il reconnaître le fruit de quelque Laurinée dans cette empreinte d'un organe bacciforme ou drupoïde, charnu, ovoïde-globulaire, comprimé et couvert de fines granulations épidermiques, dont notre figure 12ª reproduit la disposition.

δ. SPERMITES Sap.

Sous cette dénomination se trouvent comprises toutes les graines de nature indéterminée dont la description suit.

505. **Spermites semialatus** (pl. XX, fig. 27-28).

S. semine compresso, ovato-ellipsoideo, medio leviter carinato, in alam margine fimbriatam sursum exeunte.

Calcaires de la partie inférieure. — Rare.

On distingue une graine oblongue, comprimée, assez distinctement carénée dans le milieu, atténuée en pointe dans le

haut, mais accompagnée dans sa moitié supérieure d'une marge ou appendice ailé, membraneux et fimbrié vers le bord. Nous rapportons avec doute à la même espèce une seconde empreinte, figure 28, planche XIX, dont l'aspect est à peu près semblable, mais qui se rattache peut-être à un organe très différent.

506. **Spermites pilosus** (pl. XX, fig. 29).

S. semine acheniove ovoideo, apice obtusato, pilis rigidiusculis erectis dense vestito.

Calcaires de la partie inférieure. — Très rare.

L'organe fossile représente, à ce qu'il semble, une graine poilue à la base, comme celles des *Salix;* il peut également être rapporté à un achaine de Graminées, vêtu de poils, comme il en existe plusieurs exemples dans cette famille.

507. **Spermites hians** (pl. XX, fig. 12-15).

S. seminibus minutis ovoideis, raphe laterali instructis, ad micropylen, germinationis effectu, apertura tubiformi donatis.

Calcaires de la partie inférieure. — Assez répandu.

Les organes que nous signalons ici sont répandus dans les lits du gisement d'Aix et parfois dans un parfait état de conservation. On dirait, au premier abord, d'un ovaire infère et sessile, surmonté d'un disque calicinal épigyne ; mais une attention soutenue fait découvrir sur eux un raphé latéral en forme de bourrelet, de telle sorte que l'on est amené à croire que le disque prétendu répond plutôt à une ouverture, en forme de saillie tubuleuse, du micropyle, ouverture qui aurait été le résultat d'un commencement de germination. En conséquence, nous serions porté à reconnaître dans ces petits organes des graines de Nymphéacées à divers degrés de développement et pourvues à l'endroit du micropyle d'une ouverture béante, plus ou moins prolongée en saillie.

VUES D'ENSEMBLE

En réunissant toutes les notions recueillies jusqu'à ce jour dans trois études successives, et les combinant de façon à exclure autant que possible les erreurs provenant des doubles emplois, on reconnaît que la flore fossile d'Aix, d'après les découvertes les plus récentes, se trouve composée ainsi qu'il suit :

ÉNUMÉRATION GÉNÉRALE DE TOUTES LES ESPÈCES RECUEILLIES JUSQU'A CE JOUR DANS LE GISEMENT D'AIX

CRYPTOGAMÆ

Fungi.

1. *Phyllerium inquinans* Sap.
2. *Sphæria proxima* Sap.
3. *Sphæria minutula* Sap.
4. *Sphæria Cinnamomi* Sap.
5. *Sphæria baccharicola* Sap.
6. *Sphæria Bumeliarum* Sap.
7. *Sphæria Vaccinii* Sap.
8. *Sphæria transiens* Sap.
9. *Depazea Andromedæ* Sap.

Characeæ.

10. *Chara gypsorum* Sap.

Hepaticæ.

11. *Marchantia dictyophylla* Sap.
12. *Blyttia? multisecta* Sap.
13. *Jungermannites pulcher* Sap.

Musci.

14. *Gymnostomum minutulum* Sap.
15. *Fissidens antiquus* Sap.
16. *Bryum gemmiforme* Sap.
17. *Polytrichum aquense* Sap.
18. *Leptodon plumula* Sap.
19. *Thuidium priscum* Sap.
20. *Muscites redivivus* Sap.
21. *Muscites pereger* Sap.
22. *Palæothecium ambiguum* Sap.
23. *Palæothecium proximum* Sap.
24. *Palæothecium operculatum* Sap.

Filices.

25. *Chrysodium dilaceratum* Sap.
26. *Chrysodium minus* Sap
27. *Pteris aquensis* Sap.
28. *Pteris caudigera* Sap.
29. *Pteris dispersa* Sap.
30. *Pteris disjecta* Sap.
31. *Cheilanthes primæva* Sap.
32. *Phegopteris provincialis* Sap.
33. *Gleichenia destructa* Sap.
34. *Lygodium parvifolium* Sap.

35. *Lygodium exquisitum* Sap.
36. *Lygodium tenellum* Sap.
37. *Lygodium distractum* Sap.
38. *Marattia modesta* Sap.

Salviniaceæ.

39. *Salvinia aquensis* Sap.

Isoteaceæ.

40. *Isoetopsis subaphylla* Sap.

GYMNOSPERMÆ

Abietineæ.

41. *Abies abscondita* Sap.
42. *Abies palæostrobus* Sap.
43. *Pinus brachylepis* Sap.
44. *Pinus tetraphylla* Sap.
45. *Pinus gracilis* Sap.
46. *Pinus sodalis* Sap.
47. *Pinus senescens* Sap.
48. *Pinus seminifer* Sap.
49. *Pinus vetustior* Sap.
50. *Pinus robustifolia* Sap.
51. *Pinus Philiberti* Sap.
52. *Pinus Coquandii* Sap.
53. *Pinus aquensis* Sap.
54. *Pinus humilis* Sap.
55. *Pinus advena* Sap. (1).
56. *Pinus parvula* Sap.

Cupressineæ.

57. *Callitris Brongnartii* Endl.
58. *Philibertia exul* Sap.
59. *Libocedrites salicornioides* Endl.
60. *Chamæcyparites massiliensis* Sap.
61. *Widdringtonia brachyphylla* Sap.
62. *Juniperus ambigua* Sap.

Taxineæ.

63. *Podocarpus gypsorum* Sap.
64. *Podocarpus eocenica* Ung.
65. *Podocarpus proxima* Sap.
66. *Podocarpus Lindleyana* Sap.
67. *Podocarpus gracilis* Sap.
68. *Podocarpus taxites* Ung.

Gnetaceæ.

69. *Ephedra nudicaulis* Sap.

ANGIOSPERMÆ

I. MONOCOTYLEÆ

Gramineæ.

70. *Poacites glumaceus* Sap.
71. *Poacites distichus* Sap.
72. *Poacites triticeus* Sap.
73. *Poacites spicans* Th.
74. *Poacites Schimperi* Hr.
75. *Poacites ovatus* Sap.
76. *Poacites refertus* Sap.
77. *Poacites residuus* Sap.
78. *Poacites corrugatus* Sap.
79. *Poacites spoliatus* Sap.
80. *Poacites restiaceus* Sap.
81. *Poacites vaginatus* Sap.
82. *Poacites rescissus* Sap.
83. *Poacites nervosus* Sap.
84. *Poacites caricifolius* Sap.
85. *Poacites tæniatus* Sap.
86. *Poacites bambusinus* Sap.
87. *Poacites exaratus* Sap.
88. *Poacites glycerioides* Sap.
89. *Poacites firmior* Sap.
90. *Poacites striatulus* Sap.
91. *Poacites adscriptus* Sap.
92. *Arundo lacerata* Sap.

Cyperaceæ.

93. *Carex Philiberti* Sap.
94. *Carex cornuta* Sap.
95. *Carex acutior* Sap.
96. *Carex apiculata* Sap.

(1) Observée au dernier moment, cette espèce n'a pu être décrite.

97. *Carex sodalis* Sap.
98. *Carex diffusa* Sap.
99. *Carex assimilis* Sap.
100. *Carex adjunctus* Sap.
101. *Carex costinervis* Sap.
102. *Carex effossus* Sap.
103. *Carex lacerus* Sap.
104. *Carex notandus* Sap.
105. *Carex plicatifolius* Sap.
106. *Carex detectus* Sap.
107. *Carex reflexus* Sap.
108. *Carex gracilis* Sap.
109. *Carex intricatus* Sap.
110. *Carex Schœnoides* Sap.

Centrolepideæ.

111. *Podostachys minutiflora* Sap.

Rhizocauleæ.

112. *Rhizocaulon gypsorum* Sap.
113. *Rhizocaulon perforatum* Sap.

Palmæ.

114. *Flabellaria Lamanonis* Brngt.
115. *Flabellaria litigiosa* Sap.
116. *Flabellaria costata* Sap.
117. *Sabalites Latania* (Rossm.) Sap.
118. *Sabalites major* (Ung.) Sap.
119. *Sabalites præcursoria* Sap.
120. *Palæorachis subgracilis* Sap.
121. *Palæorachis distans* (Ett.) Sap.
122. *Palæorachis flexuosa* (Ett.) Sap.
123. *Palæorachis prisca* Sap.
124. *Palmacites aquensis* Sap.
125. *Palmacites canadetensis* Sap.

Dracœneæ.

126. *Dracœnites Brongniartii* Sap.
127. *Dracœnites sepultus* Sap.
128. *Dracœnites resurgens* Sap.
129. *Dracœnites minor* Sap.
130. *Dracœnites pusillus* Sap.

Smilaceæ.

131. *Smilax rotundiloba* Sap.
132. *Smilax Coquandii* Sap.
133. *Smilax Philiberti* Sap.

Irideæ.

134. *Iridium aquense* Sap.
135. *Iridium latius* Sap.
136. *Crocus atavorum* Sap.

Alismaceæ.

137. *Alismacites lancifolius* Sap.

Hydrocharideæ.

138. *Vallisneria bromeliæformis* Sap.

Typhaceæ.

139. *Sparganium stygium* Hr.
140. *Sparganium strictum* Sap.
141. *Typha latissima* Hr.
142. *Typha angustior* Sap.

Naladeæ.

143. *Potamogeton filiformis* Sap.
144. *Potamogeton erectus* Sap.
145. *Potamogeton cæspitans* Sap.
146. *Potamogeton asperulus* Sap.
147. *Potamogeton trinervius* Sap.

Scitamineæ.

148. *Musophyllum speciosum* Sap.
149. *Zingiberites petiolaris* Sap.

II. DICOTYLEÆ

1. *Apetalæ.*

Myricaceæ.

150. *Myrica palæocerifera* Sap.

151. *Myrica lævigata* (Hr.) Sap.
152. *Myrica aquensis* Sap.
153. *Myrica Saportana* Schimp.
154. *Myrica sinuata* Sap.
155. *Myrica angustata* Schimp.
156. *Myrica elongata* Sap.
157. *Myrica ilicifolia* Sap.
158. *Myrica iliciformis* Sap.
159. *Myrica dryomorpha* Sap.
160. *Myrica aculeata* Sap.
161. *Myrica Matheronii* Sap.
162. *Myrica pseudodrymeja* Sap.
163. *Myrica palæomera* Sap.

Betulaceæ.

164. *Alnus antiquorum* Sap.
165. *Betula stenolepis* Sap.
166. *Betula sodalis* Sap.

Corylaceæ.

167. *Ostrya humilis* Sap.

Cupuliferæ.

168. *Quercus aquisextana* Sap.
169. *Quercus salicina* Sap.
170. *Quercus elæna* Ung.
171. *Quercus palæophellos* Sap.
172. *Quercus elæomorpha* Sap.
173. *Quercus lauriformis* Sap.
174. *Quercus socia* Sap.
175. *Quercus areolata* Sap.
176. *Quercus elliptica* Sap.
177. *Quercus ilicina* Sap.
178. *Quercus antecedens* Sap.
179. *Quercus spinescens* Sap.

Ulmaceæ.

180. *Microptelea Marioni* Sap.

Moreæ.

181. *Ficus pulcherrima* Sap.
182. *Ficus venusta* Sap.
183. *Ficus platanifolia* Sap.
184. *Ficus superstes* Sap.

Salicineæ.

185. *Populus Heerii* Sap.
186. *Salix aquensis* Sap.
187. *Salix demersa* Sap.
188. *Salix retinervis* Sap.

Chenopodiaceæ.

189. *Chenopodites helicoides* Sap.
190. *Oleracites Beta prisca* Sap.

Laurineæ.

191. *Laurus primigenia* Ung.
192. *Laurus gypsorum* Sap.
193. *Phœbe aquensis* Sap.
194. *Oreodaphne vetustior* Sap.
195. *Oreodaphne gracilis* Sap.
196. *Oreodaphne detecta* Sap.
197. *Oreodaphne restituta* Sap.
198. *Cinnamomum lanceolatum* Sap.
199. *Cinnamomum elongatum* Sap.
200. *Cinnamomum polymorphum* Sap.
201. *Cinnamomum ovale* Sap.
202. *Cinnamomum Scheuchzeri* Hr.
203. *Cinnamomum Buchii* Hr.
204. *Cinnamomum spectabile* Hr.
205. *Cinnamomum rotundatum* Hr.
206. *Cinnamomum sextianum* Sap.
207. *Cinnamomum aquense* Sap.
208. *Cinnamomum emarginatum* Sap.
209. *Cinnamomum minutulum* Sap.
210. *Cinnamomum subtilinervium* Sap.
211. *Cinnamomum palæocarpum* Sap.

212. *Cinnamomum apiculatum* Sap.
213. *Daphnogene coriacea* Sap.
214. *Daphnogene amplior* Sap.
215. *Daphnogene parvula* Sap.
216. *Daphnogene lacera* Sap.

Santalaceæ.

217. *Osyris primæva* Sap.
218. *Osyris socia* Sap.

Thymeleæ.

219. *Daphne relicta* Sap.
220. *Daphne impressa* Sap.
221. *Daphne distracta* Sap.
222. *Daphne acutior* Sap.
223. *Daphne minuta* Sap.
224. *Pimelea obscura* Sap.

Proteaceæ.

225. *Proteoides extincta* Sap.
226. *Proteoides minor* Sap.
227. *Proteoides petiolaris* Sap.
228. *Proteoides Philiberti* Sap.
229. *Proteoides longissima* Sap.
230. *Grevillea coriacea* Sap.
231. *Grevillea provincialis* Sap.

2. *Gamopetalæ.*

Compositæ.

232. *Baccharites sinuatus* Sap.
233. *Baccharites salicinus* Sap.
234. *Baccharites acerosus* Sap.
235. *Baccharites aquensis* Sap.
236. *Baccharites obtusatus* Sap.
237. *Cypselites gypsorum* (1) Sap.
238. *Cypselites stenocarpus* Sap.
239. *Cypselites Philiberti* Sap.
240. *Cypselites aquensis* Sap.
241. *Cypselites fractus* Sap.
242. *Cypselites trisulcatus* Sap.
243. *Cypselites spoliatus* Sap.
244. *Cypselites tenuirostratus* Sap.
245. *Hieracites stellatus* Sap.
246. *Hieracites nudatus* Sap.

Oleaceæ.

247. *Olea* (*Notelea*) *grandæva* Sap.
248. *Olea proxima* Sap.
249. *Fraxinus longinqua* Sap.
250. *Jasminum palæanthum* Sap.

Apocynaceæ.

251. *Nerium repertum* Sap.
252. *Nerium exile* Sap.
253. *Apocynophyllum macilentum* Sap.

Solanaceæ.

254. *Solanites Brongniartii* Sap.

Bignoniaceæ.

255. *Catalpa microsperma* Sap.
256. *Catalpa palæosperma* Sap.

Myrsineæ.

257. *Myrsine subretusa* Sap.
258. *Myrsine spinulosa* Sap.
259. *Myrsine acuminata* Sap.
260. *Myrsine linearis* Sap.
261. *Myrsine recuperata* Sap.
262. *Myrsine confusa* Sap.
263. *Myrsine pachyderma* Sap.
264. *Myrsine miranda* Sap.
265. *Myrsine punctulata* Sap.
266. *Myrsine reperta* Sap.
267. *Myrsine emarginata* Sap.

(1) Nous avons remarqué en dernier lieu un grand rapport entre le *Cypselites gypsorum* et les achaines du *Catananche cærulea* L., espèce caractéristique de la flore provençale, aux environs d'Aix.

268. *Myrsinites primævus* Sap.
269. *Myrsinites palæanthus* Sap.

Sapotaceæ.

270. *Sapotacites exul* Sap.
271. *Bumelia subspathulata* Sap.
272. *Bumelia oreadum* Ung.
273. *Bumelia expansa* Sap.
274. *Bumelia minuta* Sap.

Styraceæ.

275. *Styrax atavium* Sap.

Ebenaceæ.

276. *Diospyros præcursor* Sap.
277. *Diospyros rhododendrifolia* Sap.
278. *Diospyros corrugata* Sap.
279. *Diospyros discreta* Sap.
280. *Diospyros ambigua* Sap.
281. *Diospyros pyrifolia* Sap.
282. *Diospyros varians* Sap.
283. *Diospyros multinervis* Sap.
284. *Diospyros involucrans* Sap.
285. *Diospyros rugosa* Sap.
286. *Diospyros oocarpa* Sap.
287. *Diospyros adscripta* Sap.

Ericaceæ.

288. *Andromeda mucronata* Sap.
289. *Andromeda pulchra* Sap.
290. *Andromeda subterranea* Sap.
291. *Andromeda abbreviata* Sap.
292. *Andromeda atavia* Sap.
293. *Andromeda adjuncta* Sap.
294. *Andromeda adscribenda* Sap.

Vaccinieæ.

295. *Vaccinium obscurum* Sap.
296. *Vaccinium aquense* Sap.
297. *Vaccinium ellipticum* Sap.
298. *Vaccinium secernendum* Sap.
299. *Vaccinium proximum* Sap.
300. *Vaccinium admissum* Sap.
301. *Vaccinium minutifolium* Sap.
302. *Vaccinium parvulum* Sap.
303. *Vaccinium numullarium* Sap.

3. *Dialypetalæ.*

Araliaceæ.

304. *Aralia transversinervia* Sap.
305. *Aralia corrugata* Sap.
306. *Aralia retinervis* Sap.
307. *Aralia spinulosa* Sap.
308. *Aralia tripartita* Sap.
309. *Aralia multifida* Sap.
310. *Aralia rediviva* Sap.
311. *Aralia aquisextana* Sap.
312. *Aralia calyptrocarpa* Sap.
313. *Aralia racemifera* Sap.
314. *Aralia resurgens* (1) Sap.
315. *Aralia bicornis* Sap.
316. *Aralia paratropriæformis* Sap.
317. *Aralia cristata* Sap.
318. *Hedera Philiberti* Sap.

Ombelliferæ.

319. *Peucedanites æthusæformis* Sap.
320. *Peucedanites coronatus* Sap.

Corneæ.

321. *Cornus confusa* Sap.

(1) Nous substituons ce nom à celui de *rediviva* (n° 159 de la *Révision*) comme faisant double emploi avec l'une des espèces précédentes.

Ranunculaceæ.

322. *Ranunculus palæocarpus* Sap.
323. *Clematis nudistyla* Sap.

Nymphæaceæ.

324. *Nymphæa gypsorum* Sap.
325. *Nymphæa parvula* Sap.
326. *Anæctomeria nana* Sap.

Magnoliaceæ.

327. *Magnolia Dianæ* Ung.
328. *Magnolia proxima* Sap.

Berberideæ.

329. *Berberis (Mahonia) aculeata* Sap.

Cruciferæ.

330. *Isatides microcarpa* Sap.
331. *Isatides capselloides* Sap.

Sterculiaceæ.

332. *Bombax sepultiflorum* Sap.
333. *Sterculia tenuiloba* Sap.

Polygaleæ.

334. *Polygala pristina* Sap.

Acerineæ.

335. *Acer sextianum* Sap.
336. *Acer oligopteryx* Sap.

Sapindaceæ.

337. *Sapindus drepanophyllus* Sap.
338. *Sapindus lacerus* Sap.

Cedrelaceæ.

339. *Cedrelospermum aquense* Sap.
340. *Cedrelospermum Philiberti* Sap.
341. *Cedrelospermum abietinum* Sap.
342. *Cedrelospermum cultratum* Sap.
343. *Cedrelospermum cyclopterum* Sap.
344. *Cedrelospermum refractum* Sap.

Zygophylleæ.

345. *Zygophyllum primævum* Sap.
346. *Zygophyllum cyclopterum* Sap.

Pittosporeæ.

347. *Pittosporum Fenzlii* Ett.
348. *Pittosporum laurinum* Sap.
349. *Pittosporum pulchrum* Sap.
350. *Pittosporum latifolium* Sap.

Celastrineæ.

351. *Celastrus pseudo-Bruckmanni* Sap.
352. *Celastrus adscribendus* Sap.
353. *Celastrus venulosus* Sap.
354. *Celastrus banksiæformis* Sap.
355. *Celastrus emarginatus* Sap.
356. *Celastrus lacerus* Sap.
357. *Celastrus gracilior* Sap.
358. *Celastrus crenulatus* Sap.
359. *Celastrus Adansoni* Sap.
360. *Celastrus Salyensis* Sap.

Ilicineæ.

361. *Ilex Salyorum* Sap.

Rhamneæ.

362. *Rhamnus approximatus* Sap.
363. *Rhamnus cyclophyllus* Sap.
364. *Paliurus tenuifolius* Sap.
365. *Zizyphus paradisiaca* Hr.
366. *Zizyphus ovata* O. Web.

Iuglandeæ.

367. *Engelhardtia atavia* Sap.

Anacardiaceæ.

368. *Pistacia reddita* Sap.
369. *Pistacia aquensis* Sap.
370. *Rhus palæophylla* Sap.
371. *Rhus rhomboidalis* Sap.
372. *Rhus adscripta* Sap.
373. *Rhus effossa* Sap.
374. *Rhus macilenta* Sap.
375. *Rhus minutissima* Sap.
376. *Rhus denticulata* Sap.
377. *Rhus gracilis* Sap.
378. *Rhus distracta* Sap.
379. *Rhus oblita* Sap.
380. *Rhus abbreviata* Sap.
381. *Heterocalyx Ungeri* Sap.
382. *Anacardites spectabilis* Sap.
383. *Anacardites spondiæfolius* Sap.

Zanthoxyleæ.

384. *Zanthoxylon aquense* Sap.
385. *Ailantus prisca* Sap.
386. *Ailantus lancea* Sap.
387. *Ailantus minutissima* Sap.

Myrtaceæ.

388. *Callistemophyllum priscum* Sap.
389. *Myrtus rugosa* Sap.
390. *Myrtus corrugata* Sap.
391. *Myrtus palæogæa* Sap.
392. *Myrtus aquensis* Sap.
393. *Myrtus priscorum* Sap.

Pomaceæ.

394. *Cotoneaster protogæa* Sap.
395. *Cotoneaster obscurata* Sap.
396. *Cotoneaster assimilanda* Sap.
397. *Cotoneaster major* Sap.
398. *Cotoneaster minuta* Sap.
399. *Cotoneaster socia* Sap.
400. *Cotoneaster primordialis* Sap.

Amygdaleæ.

401. *Amygdalus obtusata* Sap.

LEGUMINOSEÆ

α. **Loteæ.**

402. *Trifolium palæogæum* Sap.
403. *Trifolium protocalyx* Sap.
404. *Caragana aquensis* Sap.
405. *Cytisus palæocarpus* Sap.

β. **Vicieæ.**

406. *Ervites primævus* Sap.

γ. **Phaseoleæ.**

407. *Phaseolites obconicus* Sap.
408. *Phaseolites cliteriæformis* Sap.

δ. **Sophoreæ.**

409. *Calpurnia microcarpa* Sap.
410. *Sophora assimilis* Sap.

ε. **Dalbergieæ.**

411. *Dalbergia phleboptera* Sap.
412. *Dalbergia provincialis* Sap.
413. *Dalbergia microcarpa* Sap.
414. *Dalbergia selecta* Sap.
415. *Dalbergia oligosperma* Sap.
416. *Dalbergia superstes* Sap.
417. *Dalbergia affinis* Sap.
418. *Dalbergia adjuncta* Sap.
419. *Dalbergia collecta* Sap.
420. *Dalbergia minima* Sap.
421. *Dalbergia emarginata* Sap.

η. **Cæsalpinieæ.**

422. *Gymnocladus modesta* Sap.
423. *Cæsalpinites dispersus* Sap.
424. *Cæsalpinites proximus* Sap.

425. *Cæsalpinites gracilis* Sap.
426. *Cæsalpinites cassiæformis* Sap.
427. *Cæsalpinites adjunctus* Sap.
428. *Cæsalpinites colligendus* Sap.
429. *Cæsalpinites oxycarpus* Sap.
430. *Cassia aquensis* Sap.
431. *Gleditschia? dissociata* Sap.
432. *Cercis antiqua* Sap.

θ. Mimoseæ.

433. *Mimosa deperdita* Sap.
434. *Mimosa macroptera* Sap.
435. *Mimosa Philiberti* Sap.
436. *Acacia julibrizoides* Sap.
437. *Acacia pleiosperma* Sap.
438. *Acacia seminifera* Sap.
439. *Acacia obscura* Sap.
440. *Acacia lacerata* Sap.
441. *Acacia poinsianoides* Sap.
442. *Acacia brevior* Sap.
443. *Acacia aquensis* Sap.
444. *Acacia brachycarpa* Sap.
445. *Acacia exilis* Sap.
446. *Acacia longinqua* Sap.
447. *Acacia gracillima* Sap.
448. *Acacia oblita* Sap.
449. *Acacia assimilanda* Sap.
450. *Acacia discreta* Sap.
451. *Acacia adscripta* Sap.

ι. Leguminosæ sedis incertæ.

452. *Leguminosites microspermus* Sap.
453. *Leguminosites verrucosus* Sap.
454. *Leguminosites colligendus* Sap.
455. *Leguminosites derelictus* Sap.
456. *Leguminosites pistacinus* Sap.
457. *Leguminosites assimilis* Sap.
458. *Leguminosites superstes* Sap.
459. *Leguminosites restitutus* Sap.

SPECIES DICOTYLEARUM

SEDIS INCERTÆ

1. Phyllites.

460. *Phyllites debilis* Sap.
461. *Phyllites squamosus* Sap.
462. *Phyllites assimilis* Sap.
463. *Phyllites pistaciæformis* Sap.
464. *Phyllites plicato-rugosus* Sap.
465. *Phyllites repertus* Sap.
466. *Phyllites socius* Sap.
467. *Phyllites proximus* Sap.
468. *Phyllites extractus* Sap.
469. *Phyllites litigiosus* Sap.
470. *Phyllites spinulosus* Sap.
471. *Phyllites pachydermus* Sap.
472. *Phyllites vestitus* Sap.
473. *Phyllites mimosæformis* Sap.

2. Anthites.

474. *Anthites exul* Sap.
475. *Anthites spoliatus*. Sap.
476. *Anthites trifidus* Sap.
477. *Anthites fragilis* Sap.
478. *Anthites caryophylloides* Sap.
479. *Anthites obscurus* Sap.
480. *Anthites residuus* Sap.
481. *Anthites clausus* Sap.

3. **Carpites.**

482. *Carpites circumcinctus* Sap.
483. *Carpites dipterus* Sap.
484. *Carpites capsularis* Sap.
485. *Carpites trapæformis* Sap.
486. *Carpites nucamentosus* Sap.
487. *Carpites appendiculatus* Sap.
488. *Carpites sulcato-rugosus* Sap.
489. *Carpites discoidalis* Sap.
490. *Carpites glomeratus* Sap.
491. *Carpites punctulatus* Sap.
492. *Carpites decipiens* Sap.
493. *Carpites pusillus* Sap.
494. *Carpites incertus* Sap.
495. *Carpites collectus* Sap.
496. *Carpites compressus* Sap.

4. **Spermites.**

497. *Spermites semialatus* Sap.
498. *Spermites pilosus* Sap.
499. *Spermites hians* Sap.

Ainsi, l'ensemble, en chiffre rond, forme un total de 500 espèces, en tenant compte de celles qui n'ont pu être rapportées, avec quelque probabilité, à une famille déterminée. C'est la flore la plus nombreuse qui ait été encore signalée à l'état fossile (1) comme provenant d'un niveau déterminé et d'une seule localité. Elle ne comprenait que 237 espèces lors du dernier supplément publié en 1872 (2); c'est donc une suite d'au moins 262 espèces ajoutée à celles déjà connues, après retranchement des doubles emplois et des attributions fautives. Celles-ci sont loin d'être sans importance puisque, d'une part, les *Lomatites* ont été reportés dans les Composées et que, d'autre part, les *Leptomeria* viennent d'être reconnus comme représentant les débris de l'inflorescence des anciens Palmiers. — Il est donc à la fois utile et intéressant de reprendre cette flore maintenant explorée à fond et reconstruite, pour ainsi dire, dans ses éléments les plus essentiels, afin de l'apprécier et de définir ses traits, ses proportions, ses affinités, dans ce qu'ils offrent de plus caractéristique.

Examinons en premier lieu dans quelle mesure une pareille adjonction de formes nouvelles aura influé sur les relations

(1) La flore fossile d'Oeningen qui se place immédiatement après ne compte que 467 espèces décrites.

(2) Sous le nom de *Révision de la flore fossile des gypses d'Aix* (*Ann. sc. nat.*, 5e série, *Bot.*, t. XV, XVII et XVIII).

proportionnelles des différentes catégories végétales comprises dans la flore d'Aix.

Les Cryptogames ont plus que triplé : 40 espèces se trouvent décrites au lieu de 12; ce sont surtout les Mousses, 11 au lieu de 2 ; puis les Fougères, 14 au lieu de 6, dont l'accroissement a de quoi frapper. La présence d'un *Salvinia* et d'une *Isoétée*, plantes fort rares actuellement, doit être également notée. Malgré tout nous ne saurions admettre que les Cryptogames d'Aix puissent offrir un tableau tant soit peu exact de ce qu'elles étaient alors. Il est seulement permis d'avancer que les Mousses répondent généralement à des formes actuellement répandues dans des stations chaudes et méridionales, tandis que, d'un autre côté, la nature calcaire du sol de l'ancienne contrée explique la rareté relative des Fougères. La présence des *Pteris*, *Chrysodium*, *Cheilanthes*, *Gleichenia*, *Lygodium*, surtout du dernier de ces genres, dénote un mélange et une association de types de Filicinées aujourd'hui exotiques, réunis à ceux qui persistent de nos jours encore dans le sud de la France, à l'ombre des rochers, sur le bord de la Méditerranée.

Les Phanérogames, en y comprenant les espèces d'une attribution incertaine, mais en observant aussi l'existence inévitable des doubles emplois résultant des fruits, feuilles et fleurs, décrits séparément, les Phanérogames s'élèvent à 459 espèces dont 29 se rapportent aux Gymnospermes, 80 aux Monocotylées et 350 aux seules Dicotylées.

Le caractère des Gymnospermes, avec des Pins nombreux et variés, quelques rares Sapins, des *Callitris*, *Widdringtonia*, *Juniperus*, *Podocarpus*, *Ephedra*, est visiblement à la fois méditerranéen et africain. Les Pins principaux ressemblent à ceux qui peuplent encore les bords de la Méditerranée sous les noms de Pins de Corse, d'Alep, etc. Les Pins à trois feuilles rappellent celui des Canaries, d'autres, tels que le *Pinus vetustior* Sap., reportent vers le Japon, tandis que le *P. brachylepis* Sap. fait songer au *Pinus excelsa* Wall., dont une dernière colonie, entièrement isolée, comme un vestige

de quelque ancien séjour, s'est révélée dernièrement sur les montagnes de la Macédoine. Le *Philibertia*, de son côté, représente le prolongement d'un type en plein développement à l'époque de la craie inférieure, maintenant déchu, amoindri et sur le point de disparaître à tout jamais du sol européen.

Si, pour la facilité du calcul, comme on le fait ordinairement, nous réunissons les Gymnospermes aux Dicotylées, en recherchant vis-à-vis de l'ensemble de ces deux groupes la proportion relative des Monocotylées, nous obtenons, sur 100, 17,4 pour celles-ci et 82,5 pour les premières, c'est une proportion sensiblement plus élevée en faveur des Monocotylées, mieux explorées que précédemment (1), proportion qui ne s'écarte, pour ainsi dire pas, de celle qui existe actuellement dans le monde entier. et qui, selon Lindley, serait en chiffre rond de 17 pour les Monocotylées et de 83 pour les Dicotylées. Il y a donc là, plus encore que lors du premier calcul, un rapport vrai qui a dû persister depuis des temps très reculés et gouverner l'ensemble de la végétation phanérogamique. — Dans le monde actuel cependant, lorsque l'on considère certaines régions, la proportion relative des Monocotylées vis-à-vis de l'autre classe de Phanérogames, peut s'élever accidentellement bien davantage et atteindre jusqu'à 20 sur 100, en abaissant d'autant la prépondérance des Dicotylées; mais ce résultat tient surtout à l'influence d'un climat humide et froid, et l'on ne saurait être surpris de ne pas avoir à le constater dans l'ancienne localité tertiaire d'Aix, où tout accuse au contraire l'action de la chaleur et de la sécheresse réunies, au moins dans certaines saisons. Il est certain que d'une façon plus étroite encore que précédemment, les chiffres actuels concordent ou sont même absolument identiques avec ceux que nous fournissent les îles Canaries (82,8 Dicotylées et 17,2 Monocotylées), les îles du Cap-Vert (82,8 Dicotylées et 17,9 Monocotylées) et Java (82,9 Dicotylées et 17,1 Monoco-

(1) Les chiffres du dernier supplément étaient 15,06 pour les Monocotylées et 84,92 pour les Dicotylées.

tylées), tout en ne s'éloignant pas très sensiblement de ceux que nous avions empruntés à un district intérieur de la région du Cap, pris pour type et dans lequel, d'après la collection Drège, on observait 16,9 Monocotylées et 83,1 Dicotylées sur 100 Phanérogames.

En s'attachant à l'ensemble des Dicotylées, on constate que les Apétales entrent dans le nombre total avec une proportion de 23,2, les Gamopétales de 26,4 et les Dialypétales de 50,3 sur 100. Le résultat des dernières explorations a donc été, ce que l'on aurait pu d'ailleurs présumer, de diminuer notablement l'importance relative des Apétales (23,2 au lieu de 30,6 sur 100), les plus faciles à reconnaître comme aussi les plus répandues parmi les Phanérogames. La diminution proportionnelle des Apétales est encore due à ce que certaines formes, avant tout les *Lomatites* et les *Leptomeria*, en ont été distraites pour être reportées ailleurs. Le résultat a donc été d'accroître sensiblement la proportion relative des Gamopétales (26,4 au lieu de 21,3) et des Dialypétales (50,3 au lieu de 49,9), plantes dont les empreintes sont généralement plus rares, parce qu'elles comprennent en tout moins de formes dominantes et triviales et aussi une plus forte proportion de végétaux débiles ou herbacés, subordonnés aux espèces arborescentes et moins propres par la nature de leurs organes à donner lieu à des empreintes. Il est à remarquer que, dans la flore miocène de la molasse suisse, le rôle des Apétales est encore plus accentué qu'à Aix, à raison même de l'extension toujours croissante de certains groupes, tels que ceux des Amentacées, Salicinées, Ulmacées, etc., dont les vestiges se trouvent au contraire, à Aix, des plus clairsemés, tandis que d'autres, celui des Laurinées, par exemple, loin de décliner, atteignent plutôt leur apogée dans l'Europe centrale, à l'époque de la molasse.

Il faut maintenant considérer l'importance relative des familles de Phanérogames, observées jusqu'ici dans le gisement d'Aix, et dont le nombre s'élève à 64, dont 4 appartiennent aux Gymnospermes, 13 aux Monocotylées et 47 aux

seules Dicotylées. — Le plus grand nombre de ces familles et l'immense majorité des espèces qu'elles comprennent se rapportent à des végétaux ligneux, arbres ou arbustes ; la minorité seulement, et dans cette minorité les plantes aquatiques tiennent la plus grande place, représente des plantes herbacées. Il faut attribuer cette ordonnance, non seulement à la situation relativement subordonnée des plantes herbacées plus restreintes et sans doute alors moins sociales que de nos jours, favorisées plus tard dans une certaine mesure par l'intervention de l'homme et le déboisement, conséquence forcée de l'extension des cultures, mais encore et plus peut-être il est permis d'invoquer la difficulté qu'opposent à la fossilisation les parties molles des herbages, bien plus rarement et moins naturellement caduques et disséminées que les parties correspondantes des plantes ligneuses. Les arbres, constituant le plus souvent des agrégations sociales, ont eu par cela même bien plus de chances, la plupart du temps, que les herbes, de passer à l'état fossile, les vents et les cours d'eau entraînant plus aisément leurs feuilles au fond des lacs et à la surface des lits de sédiment en voie de formation. Cependant, ce qui prouve la présence à Aix des catégories de plantes dont on serait tenté de considérer l'absence comme ayant la signification d'une exclusion absolue, c'est ce que nous avons fini par recueillir et décrire d'assez nombreuses Graminées, plusieurs *Carex* ou *Cyperus*, parmi les Monocotylées ; des Composées, des Ombellifères, des indices de Renonculacées, de Polygalées, enfin des vestiges de *Trifolium*, sans compter les fragments répétés de calices, corolles, organes carpellaires, fruits ou semences, qui semblent dénoter l'ancienne existence d'espèces plus ou moins semblables à nos Saxifragacées, Caryophyllées, etc., même en laissant de côté des débris trop incertains pour se prêter à une attribution raisonnable.

Parmi les familles ainsi représentées, sans se flatter de les connaître toutes et dont le nombre est de 71 pour l'ensemble des Cryptogames et des Phanérogames réunies, une seule est

entièrement éteinte, celle des Rhizocaulées qui pourtant se rattache d'une façon plus ou moins étroite aux Ériocaulées actuelles, dont une espèce habite encore les marais de l'Islande ; toutes les autres, ainsi que celles du groupe voisin des Restiacées, étant extra-européennes. Les familles de la flore d'Aix, devenues exotiques, sont celles des Palmiers, des Dracénées, des Centrolépidées, des Scitaminées, des Protéacées dont l'existence dans l'Europe tertiaire est d'ailleurs loin d'être prouvée, celles encore des Bignoniacées, des Myrsinées, des Sapotacées, des Ébénacées, des Magnoliacées, Sterculiacées, Sapindacées, Cédrélées, Pittosporées, Zanthoxylées, enfin la tribu des Mimosées, parmi les Légumineuses. Quelques-unes de ces familles, telles que celles des Palmiers, Dracénées, Bignoniacées, Ébénacées, Cédrélées, Zanthoxylées et Mimosées se trouvent représentées par des organes assez caractéristiques pour que leur présence ne puisse faire l'objet d'un doute ; or ce sont justement celles qui possèdent encore des représentants, dans l'ordre actuel, soit à une faible distance, soit sur les limites mêmes de l'Europe, en Afrique comme en Asie, ou encore au Japon, sous une latitude correspondante à celle de l'Europe méridionale. D'autres encore, telles que les Taxinées, Smilacées, Myricacées, Laurinées, Morées, Styracées, Araliacées, Myrtacées, offrent cette particularité de ne plus offrir qu'un seul représentant actuel sur le sol européen, comme si elles étaient sur le point de l'abandonner entièrement. Bien des genres se trouvent du reste dans la même situation et on peut le dire spécialement des *Ostrya*, *Ficus*, *Laurus*, *Olea*, *Nerium*, *Styrax*, *Hedera*, *Paliurus*, *Cercis*, qui se trouvent monotypes, c'est-à-dire représentés par une seule espèce sur le sol de notre continent, particulièrement en Provence. Ces genres possèdent en même temps des formes ancestrales ou du moins congénères dans la flore des gypses d'Aix.

Pour ce qui est de la prépondérance numérique de certaines familles disposées dans l'ordre de leur importance relative, jusqu'à concurrence de la moitié du nombre des Phané-

rogames, ou dans chaque classe jusqu'à la moitié du nombre d'espèces qu'elles contiennent, voici les résultats que cet examen nous fournit :

Pour l'ensemble des Phanérogames :

Familles.	Nombre des espèces.
Légumineuses	66
Laurinées	26
Graminées	23
Cypéracées	18
Abiétinées	16
Anacardiacées	16
Composées	15
Araliacées	15
Myricacées	14
Myrsinées	13
Cupulifères	12
Ébénacées	12
Palmiers	12
	258

Viennent ensuite les Célastrinées avec 10 espèces, les Vacciniées avec 8 espèces, les Pomacées et les Ériacées avec 7 espèces, etc..... Il a fallu au moins 11 familles avant d'avoir obtenu la moitié des Phanérogames, résultat qui permet d'affirmer, comme nous l'avions énoncé en premier lieu, que la flore fossile d'Aix était riche en espèces d'une manière absolue, puisque selon une loi formulée par M. A. de Candolle, plus une flore est riche, plus il faut énumérer de familles, en commençant par les plus nombreuses, avant d'arriver à la moitié du nombre total des Phanérogames. Il faut 16 familles au Japon, 12 au pays d'Assan, 17 à la Nouvelle-Grenade et 11 à Timor, région auprès de laquelle vient se ranger, à ce point de vue, la flore fossile d'Aix. Comme, pour parvenir au même résultat, il faut seulement énumérer 9 familles dans la flore des quatre étages de la molasse réunis, il est naturel d'en conclure que la variété des formes végétales et leur accumulation sur un point donné des contrées ter-

tiaires étaient déjà moindres en Suisse, à l'époque de la molasse, qu'aux environs d'Aix, vers la fin de l'éocène. Nous sommes tenté, plus encore qu'à notre examen précédent, d'accepter ces données, tellement elles nous paraissent conformes à la richesse qui nous paraît avoir été le caractère dominant de la végétation dont nous achevons de tracer le tableau.

En définitive, nous découvrons dans notre nouvelle étude une confirmation éclatante de ce que nous avions d'abord avancé. Non seulement les Légumineuses occupent sans conteste le premier rang, parmi les familles, ainsi qu'il arrive dans la plupart des flores actuelles à l'intérieur des tropiques; mais elles atteignent à Aix une proportion en parfait rapport ou même surabondante vis-à-vis de celle de 12 sur 100, qui est la plus fréquente, selon M. de Candolle, dans certaines régions chaudes, telles que Timor, le Congo, etc. Cette proportion serait ici de 15,3 sur 100, pour l'ensemble des Phanérogames; mais il est juste, en ce qui touche cette famille, comme pour plusieurs de celles qui suivent, de tenir compte des doubles emplois qui résultent forcément des feuilles et des organes de la fructification décrits séparément et dont quelques-uns au moins ont dû appartenir respectivement à une seule et même espèce.

La proportion des Laurinées qui est de 6 sur 100, pour l'ensemble des Phanérogames, correspond à la fréquence aussi bien qu'à la variété des arbres de ce groupe, dont la plupart ont dû arriver jusqu'à nous par suite de la facilité qu'ont eue leurs feuilles et même leurs organes fructificateurs de laisser des traces dans les anciens lits. Il s'agit là d'une fréquence absolue et d'une multiplicité relative d'espèces. La même remarque est applicable aux Myricacées et aux Cupulifères, presque toutes les espèces de ces catégories ayant dû réussir à laisser d'elles des empreintes.

Pour ce qui est des Graminées, leur proportion de 5,3 sur 100, due en partie à de nouvelles et minutieuses recherches, les a fait monter au troisième rang parmi les familles nombreuses, en donnant le quatrième aux Cypé-

racées. Le cinquième rang se trouve occupé par les Abiétinées, riches en Pins de toutes les sections aujourd'hui existantes. La plupart de ces Abiétinées, sinon toutes, ont certainement laissé des vestiges de leurs divers organes, et plusieurs sont représentées à la fois par des feuilles, des chatons mâles, des strobiles et des semences. Il faut ensuite mentionner les Anacardiacées, Composées et Araliacées, qui se suivent de très près avec cette différence que les premières et les dernières peuvent être regardées comme bien connues, et qu'effectivement elles ont dû jouer un rôle important dans la végétation frutescente de l'ancienne région, tandis que les Composées d'Aix ne nous ont visiblement transmis que des vestiges fort incomplets de cette grande catégorie de Phanérogames, se rapportant aux formes les plus abondantes aux alentours de l'ancien lac.

Dans la flore d'Aix, la proportion moyenne des genres par famille de Phanérogames est de 1,8, chiffre qui concorde avec celui que l'on observe dans plusieurs flores locales actuelles, comme, par exemple, celle de l'Ascension, mais dont on ne saurait affirmer l'exactitude, même approximative, une foule de genres restant ignorés et d'autres, tels que les *Poacites*, *Palæorachis*, *Leguminosites*, etc., n'étant qu'un cadre purement artificiel et une formule synthétique. Pour ce qui est du nombre d'espèces comprises en moyenne dans chaque genre (1), il s'élève actuellement à 3,7 ou 3,8; il était auparavant de 2,5 à 2,6, et il est évident que des explorations répétées tendraient à l'élever encore; mais il est juste cependant de tenir compte de l'exagération probable du nombre d'espèces dans certains groupes par suite de la valeur attribuée aux moindres variations morphologiques des feuilles, et aussi des doubles emplois résultant de la description séparée des différents organes d'une seule et même plante.

Prenons maintenant les genres pour les considérer en eux-mêmes, en recherchant leur signification propre et ce qu'ils

(1) Toujours en ne considérant que les Phanérogames.

ont de particulièrement distinct dans leur façon de se comporter. Notre premier soin sera de laisser de côté tous ceux qui sont vagues, artificiels ou douteux, de nous attacher uniquement à ceux dont la présence sûrement démontrée se prête par cela même à l'étude de leurs traits caractéristiques. Pour la commodité de cette étude, ces genres peuvent être distribués en plusieurs catégories : 1° ceux qui étant répandus partout et possédant une aire d'habitation des plus étendues n'apportent aucun enseignement; 2° ceux qui se trouvent aujourd'hui limités aux bords de la Méditerranée ou qui du moins contribuent à l'accentuation de la flore de cette région; 3° ceux qui devenus exotiques n'habitent plus qu'en dehors de la région méditerranéenne, qu'ils soient d'ailleurs tropicaux ou simplement extra-européens; 4° enfin, les genres qui ont totalement disparu.

Les genres suivants se placent dans la première de nos catégories :

CRYPTOGAMÆ

Chara Ag.
Marchantia L.
Gymnostomum Hedw.
Fissidens Hedw.
Bryum L.
Polytrichum L.
Leptodon Web.
Thuidium Schimp.
Pteris L.

GYMNOSPERMÆ

Pinus L. — Genre très étendu, pris dans son ensemble.

MONOCOTYLEÆ

Carex L.
Cyperus L.
Sparganium Tournef.
Typha L.
Potamogeton L.

DICOTYLEÆ

Myrica L.
Alnus Tournef.
Quercus L.
Salix Tournef.
Andromeda L.
Vaccinium L.
Nymphæa Neck.
Rhus L.

La diffusion de ces genres et de plusieurs autres que nous passons sous silence est assez étendue pour justifier sans autre cause leur ancienne présence, en sorte que c'est plutôt leur exclusion qui aurait eu de quoi étonner. — De ces genres, les uns fréquentent les eaux ou leurs voisinages : *Chara*, *Marchantia*, *Carex*, *Sparganium*, *Typha*, *Potamogeton*, *Nymphæa* ; d'autres, tels que les genres de Mousses, les Pins et Chênes verts dénotent une station plutôt sèche et méridionale ou des étendues boisées et accidentées, que la fraîcheur ou l'humidité de l'ancienne région.

Certains genres à la fois rares et caractéristiques, tels que les *Alnus*, *Betula*, *Populus*, *Salix*, *Fraxinus*, *Acer*, etc., fournissent une présomption presque assurée de l'existence de forêts montagneuses, composées d'autres essences que celles des parties ou vallées inférieures. — C'est surtout à ces dernières localités de l'ancienne région que se rapportent par contre les genres appartenant à notre deuxième catégorie.

CRYPTOGAMÆ

Cheilanthes Sw.

GYMNOSPERMÆ

Pinus L.
Juniperus L.
Callitris Vent.
Ephedra L.

MONOCOTYLEÆ

Smilax Tournef.

DICOTYLEÆ

Ostrya Tournef.
Quercus L. (sect. *Ilea*).
Salix (1) Tournef.
Laurus L.
Osyris L.
Olea L.
Fraxinus L.
Nerium L.
Styrax L.
Hedera L.
Cornus L.
Acer Mœnch.
Paliurus Tournef.
Zizyphus Tournef.
Celastrus Kunth.
Rhamnus L.
Pistacia L.
Rhus L.
Myrtus L.
Cotoneaster Medik.
Amygdalus L.
Cercis L.

Quand même l'énumération qui précède ne serait pas absolument exacte pour l'universalité des genres qui s'y trouvent compris, il est du moins certain que la plupart d'entre eux répondent à des éléments qui ont persisté au sein de la flore méditerranéenne et que plusieurs, tels que *Cheilanthes*, *Pinus*, *Juniperus*, *Smilax*, *Ostrya*, *Quercus* (sect. *Ilex*), *Laurus*, *Osyris*, *Styrax*, *Paliurus*, *Pistacia*, *Cercis*, etc., se retrouvent spontanés en Provence, dans des conditions d'habitat qui portent à les considérer comme directement sortis de leurs devanciers tertiaires. Une telle coïncidence ne saurait être absolument fortuite, ni uniquement due à des erreurs de détermination, tenant à des illusions ou à des partis pris.

Si nous venons à ce qui touche les affinités présumées d'une partie des types fossiles d'Aix avec ceux que comprend actuellement l'Europe centrale, soit qu'elle les partage avec la France méridionale, soit qu'ils lui appartiennent en propre, il est facile de constater que ces affinités se réduisent à peu près à rien. Pour se rendre compte du fait, on n'a qu'à choisir, parmi les Dicotylées du gisement, les formes qui ayant eu ou ayant pu avoir des feuilles caduques, se rapprochent au moins par cette tendance de celles qui peuplent sous

(1) Le genre est ici mentionné de nouveau, de même que celui des *Pinus*, à cause du caractère méridional des espèces qu'ils comprennent

nos yeux l'Europe boréale. Dès lors, la série que l'on obtient donne lieu à la distribution suivante :

Espèces de la flore d'Aix présumées à feuilles caduques.	Espèces actuelles correspondantes.
—	—
1. *Alnus antiquorum* Sap.......	*Alnus orientalis* Dne.
2. *Betula stenolepis* Sap.........	*Betulaster* Sp.
3. — *sodalis* Sap...........	....
4. *Ostrya humilis* Sap..........	*Ostrya carpinifolia* Scop.
5. *Quercus aquisextana* Sap.....	*Quercus pseudosuber* Santi.
6. *Populus Heerii* Sap..........	*Populus euphratica* Oll.
7. *Salix aquensis* Sap..........	*Salix aquensis* Thb.
8. — *demersa* Sap.........	— *suaveolens* Ander.
9. — *retinervis* Sap.........	— *Safsaf* Forsk.
10. *Microptelea Marioni* Sap.....	*Microptelea sinensis* Sp.
11. *Fraxinus longinqua* Sap......	*Fraxinus oxyphylla* M. B.
12. *Cornus confusa* Sap..........	*Cornus Mas* L.
13. *Acer Sextianum* Sap.........	*Acer Buergerianum* Miq.
14. — *olygopteryx* Sap........	....
15. *Zizyphus ovata* O. Web......	*Zizyphus vulgaris* L.
16. *Pistacia reddita* Sap.........	*Pistacia Terebinthus* L.
17. *Amygdalus obtusata* Sap.....	*Amygdalus communis* L.

On voit que par leur affinité morphologique, seul indice de filiation qu'il soit possible d'invoquer, aucune de ces espèces, dont les homologues actuels ont pourtant des feuilles caduques (1), ne se rattache directement à des formes vivantes ayant leur siège et leur habitation principale vers le centre ou le nord de notre continent. Les deux seules, à propos desquelles la présomption d'un semblable lien pourrait être alléguée, le *Betula sodalis* et l'*Acer oligopteryx*, ne nous sont connues que par leurs fruits, et les feuilles de ces deux espèces, dont l'examen serait de nature à guider l'analogie, nous font malheureusement défaut.

En l'absence de tout indice positif et en présence de tant de

(1) Il serait plus strictement exact de dire : *ont généralement des feuilles caduques;* la caducité des feuilles étant incomplète ou même nulle chez plusieurs des espèces énumérées.

présomptions dans le sens opposé, nous sommes invinciblement amené à croire que l'introduction des formes végétales venues du nord et prototypes de nos formes boréales actuelles se serait accomplie à une date postérieure à celle de l'horizon sur lequel se place la flore d'Aix. Effectivement la rareté seule des formes à feuilles caduques, similaires de celles qui caractérisent le domaine forestier de la zone tempérée boréale implique soit leur nouveauté à ce moment de la période tertiaire, soit au moins leur présence strictement limitée à certains points élevés des massifs montagneux du midi de la France. La foule principale de ces sortes de plantes, arrivées de l'extrême nord à la suite d'une migration générale, effectuée plus tard, cette foule n'aurait pas encore pris possession, à l'âge où nous ramène la flore d'Aix, de l'espace continental qu'elle devait d'abord envahir partiellement, puis occuper d'une manière de plus en plus exclusive. Les dernières venues, dans cette marche, étaient destinées à éliminer à plusieurs reprises et à repousser toujours plus loin vers le sud, celles qui les avaient précédées dans le cours de cet exode.

En définitive, on doit constater, à l'appui de ce qui précède, l'absence, à l'époque des gypses d'Aix, d'un certain nombre de types, qui de nos jours tiennent une place considérable dans la flore forestière de l'Europe, aussi bien au nord qu'au centre et même au sud de ce continent, mais qui ne s'introduisirent que postérieurement à l'âge auquel nous reporte la formation d'Aix : que ces types soient venus du nord ou qu'ils se soient constitués sur place au moyen d'une évolution dont les termes nous seraient inconnus. — Voici quelques-uns de ces types choisis parmi les principaux :

Bétulacées. — Type des *Alnus glutinosa* L. et *incana* DC.
— Type du *Betula alba* L.
Corylacées. — Type du *Corylus avellana* L.
— Type des *Carpinus* propres.
Cupulifères. — Type des *Quercus Robur* L., *Toza* Bosc. et *infectoria* Ol.
Ulmacées. — Type de l'*Ulmus campestris* L.

Celtidées. — Type du *Celtis australis* L.
Salicinées. — Types des *Salix caprœa* L., *S. alba* L., *S. purpurea* L., *S. viminalis* L.
— Type des *Populus nigra* L., *P. alba* L., *P. tremula L.*
Morées. — Type du *Ficus carica* L.
Juglandées. — Type des *Juglans* propres.
— Type des *Pterocarya*.
Tiliacées. — Type du Tilleul d'Europe.
Acérinées. — Types des *Acer campestre* L. et *monspessulanum* L.
— Types des *Acer pseudo-platanus* L. et *platanoides* L.
— Type de l'*Acer opulifolium* Vill.

Quelques-uns de ces types apparaîtront bientôt : les *Ulmus* propres et les *Carpinus*, le prototype même de l'*Alnus glutinosa* L., dès le tongrien de Saint-Zacharie ; le prototype des *Acer campestre* et *monspessulanum*, à Armissan. Le type des *Populus nigra* et *tremula* se montre clairement à Manosque, sur l'horizon de l'aquitanien, en compagnie du *Fagus*. Mais d'autres types et spécialement les *Robur*, *Toza* et *infectoria* mettront un temps plus long à s'introduire. Sans doute, et il en sera de même du *Tilia*, ils arriveront de plus loin. Cependant le miocène inférieur de Ménat montre déjà le type des *Corylus* représenté par une forme difficile à méconnaître.

La végétation européenne, celle même de la région méditerranéenne dont la Provence fait aujourd'hui partie, s'est donc constituée peu à peu et les éléments qu'elle renferme résultent d'une série d'introductions partielles et d'acquisitions successives, corrélatives, il est vrai, d'éliminations dont il convient de tenir également compte. — Venons à celles-ci et considérons d'abord ceux de ces genres éliminés qui, devenus étrangers au midi de la France, n'ont cependant cessé d'habiter soit à l'intérieur, soit sur les limites mêmes ou à portée et à peu de distance de la région méditerranéenne. Ce sont les suivants :

Pinus, type *Strobus*. — Observé sur les montagnes de la Macédoine.
Callitris Vent. — Algérie.
Dracœna L. — Indigène aux Canaries et naturalisé à Gibraltar.

Persea Gœrtn. — Iles Canaries; Portugal?
Phœbe Nées. — Iles Canaries.
Oreodaphne Nées. — Iles Canaries.
Myrsine L. — Péninsule arabique.
Diospyros L. — Péninsule hellénique; Asie Mineure.
Zizyphus Tournef. — Syrie; Afrique septentrionale.
Celastrus Kunth. — Péninsule ibérique.
Amygdalus L. — Asie antérieure.
Acacia Neck. — Égypte; Afrique septentrionale.

Ces divers genres n'ont fait que reculer de quelques degrés vers le sud. Ils ont obéi au même mouvement de retrait sous l'impulsion duquel d'autres types venus du nord prenaient possession du sol abandonné par les premiers.

Voici maintenant la liste des genres exclus, non seulement de Provence, mais du pourtour méditerranéen et des alentours de cette région et qui, faisant partie de la flore d'Aix, ne se retrouvent maintenant qu'à mesure que l'on s'avance bien au delà des limites de la Méditerranée.

Chrysodium Fée. — Zone intertropicale; Asie australe.
Gleichenia Sw. — Zone intertropicale; Japon.
Lygodium (1) Sw. — Zone intertropicale; Amérique boréale; Asie australe; Japon.
Marattia Sw. — Zone intertropicale; Afrique australe.
Chamæcyparis Sp. — Ancien et nouveau continent.
Widdringtonia Endl. — Afrique australe.
Podocarpus Herit. — Afrique australe; Japon.
Sabal Adans. — Sud de l'Amérique boréale; Antilles.
Microptelea Sp. — Asie austro-orientale; Japon.
Cinnamomum Burm. — Asie austro-orientale; Japon.
Catalpa Juss. — Asie austro-orientale; Japon.
Magnolia L. — Amérique boréale; Asie austro-orientale; Japon.
Bombax L. — Asie australe.
Sterculia L. — Asie austro-orientale.
Sapindus L. — Zone intertropicale des deux hémisphères.
Cedrela L. — Zone intertropicale des deux hémisphères.
Pittosporum Banks. — Asie et Afrique intertropicales et subtropicales.

(1) Une des formes d'Aix se rattache étroitement au *Lygodium dichotomum* Sm., espèce sud-asiatique.

Engelhardtia Leschen. — Asie australe.
Ailanthus Desf. — Asie austro-orientale; Japon.
Calpurnia E. Mey. — Afrique australe.
Sophora L. — Zone intertropicale des deux continents.
Dalbergia L. — Zone intertropicale des deux hémisphères.
Gymnocladus Lamk. — Amérique boréale.
Cæsalpinia Plum. — Zone intertropicale des deux hémisphères.
Cassia L. — Zone tropicale et subtropicale des deux hémisphères.
Mimosa Adans. — Zone intertropicale des deux hémisphères.

Au total, ce serait, eu égard à l'ensemble, un quart environ des genres autrefois indigènes dans le midi de la France, qui en auraient été éliminés par l'effet des mutations et abaissements de climat, survenus postérieurement à l'époque où nous place la flore d'Aix. Ces genres, il faut l'observer, sont presque tous au nombre de ceux dont l'extension est la plus grande et qui sont les plus généralement répandus dans la zone intertropicale ou du moins vers le voisinage des tropiques, dans les deux continents. La plupart de ces genres sont encore indigènes de l'Asie australe ou austro-orientale, et cette affinité persiste, elle devient même plus évidente si, à l'intérieur de chaque genre, on s'attache à déterminer les analogies morphologiques des espèces fossiles, vis-à-vis de celles qui leur correspondent dans l'ordre actuel.

Mais, à côté des genres éliminés par retrait, il en est d'autres, faisant autrefois partie de la flore d'Aix, qui ont depuis complètement disparu. Ils ne sont pas très nombreux, mais plusieurs d'entre eux sont très significatifs et ils méritent par cela même d'être signalés. — Ce sont les suivants :

Parmi les Cryptogames : *Isoetopsis* Sap.
Parmi les Gymnospermes : *Philibertia* Sap.
Parmi les Monocotylées : *Rhizocaulon* Sap.
Parmi les Dicotylées : *Anæctomeria* Sap., — *Heterocalix* Sap.

Peut-être les *Cedrelospermum* dénotent-ils encore un type distinct bien que voisin des *Cedrela* propres et des *Swietenia*, ou des *Ptæroxylon* africains. — Il est du moins certain que

l'*Isoetopsis* s'écartait, à titre de sous-genre au moins, des *Isoetes* actuels.

Deux de ces genres éteints, *Philibertia* et *Rhizocaulon*, se rattachaient à d'anciens types et remontaient par eux jusque dans les temps secondaires où ils avaient eu des représentants. L'*Anœctomeria*, type de Nymphéacées tertiaires, prit un peu plus tard, dans le cours du tongrien et jusque dans l'aquitanien, particulièrement à Armissan, tout le développement dont il était susceptible. Il est difficile de saisir la cause de sa disparition, sinon peut-être qu'elle a tenu à une stricte localisation.

Un autre genre de Conifères alors existant et destiné, avant de disparaître totalement, à jouer un rôle considérable dans le tongrien et le miocène inférieur, le *Doliostrobus* de M. Marion, n'a pas laissé de vestiges dans la flore d'Aix. C'est à Célas (Gard) plus spécialement, que les rameaux et les strobiles réunis de ce type ont permis à notre savant ami d'établir sa liaison intime et curieuse avec les *Dammara*, vis-à-vis desquels il contraste si fort par la conformation de ses parties végétatives dont l'aspect porta d'abord à le confondre avec les *Araucaria* et plus tard, sans plus de raison, avec les *Sequoia*.

Pour ce qui est des Cycadées, bien que leur présence dans le midi de la France, à cette même époque, ait été mise hors de doute par l'espèce découverte dans les schistes oligocènes de Bonnieux (1) (Vaucluse) et par le cône recueilli à Armissan, aucun vestige n'est encore venu en révéler la présence dans le gisement d'Aix.

Tel est l'ensemble résumé des considérations que suscite l'examen de la flore d'Aix. Nous n'avons rien à retrancher de celles que nous avons précédemment formulées (2) sur la tem-

(1) Nous voulons parler du *Zamites epibius* Sap., dont la fronde reproduit les caractères des *Zamites* jurassiques et peut être également rapprochée de celles des *Encephalartos*.

(2) *Ét. sur la vég. du sud de la France à l'époque tertiaire*, *Suppl.* I, *Révis. de la flore des gypses d'Aix; Généralités*, p. 41 et suiv.; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XV, p. 312 et suiv.

pérature, le climat et l'assiette probable de l'ancienne région, enfin, sur l'existence supposée d'un massif montagneux situé à portée de l'ancien lac. Le climat sec et chaud, sujet à des alternances de chaleur sereine et de pluies périodiques, nous avait paru conforme à celui qui est maintenant propre à l'Afrique australe et à la partie intérieure austro-orientale de ce continent. Nous avons insisté sur la présence et l'association de certains types, sur cette réunion caractéristique de *Pinus*, de *Callitris*, de *Widdringtonia* et de *Podocarpus;* sur les Palmiers et les Dragonniers; sur les *Myrica*, les *Quercus* à feuilles coriaces, sur l'affluence des Laurinées; sur les Composées frutescentes, les Myrsinées, Sapotées, Ébénacées et Éricacées. Les *Aralia*, les *Magnolia*, les Bombacées, Cédrélées, Sapindacées et Anacardiacées, les Rhamnées et Zanthoxylées; les Myrtacées, les Légumineuses de toutes les sections répandues de nos jours entre les tropiques, les Mimosées, en particulier, donnaient à cette flore son cachet et ses traits les plus décisifs.

La combinaison et l'affluence de tous ces groupes constituaient sa richesse, de même qu'elles contribuent à accentuer sa physionomie et à faire saisir ses aptitudes. La dimension le plus souvent réduite des organes nous révèle une végétation dénuée d'opulence, mais semée de contrastes et pleine de variété. C'était en même temps, comme nous l'avons montré, une végétation destinée à subir de prochains changements. Elle devra sa transformation, non pas rapide mais graduellement accomplie, à l'introduction de types nouveaux, de formes auparavant inconnues dans la France méridionale, types et formes dont la signification n'est pas douteuse, puisque tous manifestent des aptitudes moins méridionales, en même temps que des exigences non équivoques vis-à-vis de conditions climatériques plus humides.

L'introduction dont nous parlons, et c'est là son caractère essentiel, ne fut ni brusque ni universelle. Elle s'opéra graduellement, et il est possible d'en observer la marche. Dans les Gymnospermes, elle se manifeste par l'apparition et

l'extension des *Sequoia*, *Taxodium*, *Glyptostrobus*. Quelques rares vestiges du premier de ces genres ont été rencontrés récemment dans le tongrien inférieur de Saint-Zacharie. Les trois genres se montrent à Armissan et reparaissent à Manosque sur le niveau de l'aquitanien, tandis que les *Chamæcyparis* et *Libocedrus*, à peine représentés à Aix par d'imperceptibles fragments, se répandent et se multiplient.

L'introduction de tous ces types est décisive, selon nous; elle accuse le progrès constant de l'humidité atmosphérique, qui favorise leur extension et leur prépondérance, sans exclure pourtant, dès l'abord, ceux qui dominaient exclusivement avant eux. Les *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Populus*, *Acer*, qui se multiplient à partir de ce même niveau, conduisent à de semblables conclusions et, une fois prononcé, le mouvement ne cesse de se propager dans la même direction en accusant des tendances identiques; tandis que, d'autre part, les types franchement tropicaux, déjà plus clairsemés, sont peu à peu éliminés. Avec eux, les Palmiers s'éloignent et déclinent, pour disparaître et devenir finalement exceptionnels. Nous n'avons pas à suivre ce mouvement, mais à constater son point de départ qui coïncide certainement avec la fin de l'éocène, période dont la formation d'Aix marque la dernière étape et la terminaison.

On peut se demander en dernier lieu, et comme contrepartie de ces introductions de types nouveaux ayant d'autres aptitudes que ceux auxquels ils se substituaient, quel fut le sort des types caractéristiques et des formes auxquelles le premier rôle avait été dévolu dans la flore des gypses d'Aix. Leur existence sur le sol provençal se prolongea-t-elle, et dans quelle situation les retrouvons-nous lors des étages subséquents?

En interrogeant les Cryptogames, nous savons, à ne pas en douter, que les *Lygodium parvifolium* Sap., *exquisitum* Sap. et *tenellum* Sap., cédèrent la place, dans le tongrien et l'aquitanien, à un autre *Lygodium*, L. *Gaudini* Hr., qui existe déjà à Céreste et se montre ensuite à Manosque aussi bien qu'à Monod, près Lausanne, où M. Heer l'a signalé le premier. Le

Chrysodium dilaceratum Sap. est éliminé, de son côté, par le *Chrysodium Haidingerianum* observé d'abord à Dalmatie, sous le nom de *Fortisia*, par Visiani, et retrouvé par nous récemment dans l'aquitanien de Manosque, tandis que les *Pteris aquensis* Sap. et *caudigera* Sap. se retirent devant les *Pteris urophylla* Ung. et *œningenis* Hr., qui leur tiennent de près ; en même temps, on voit apparaître le *Pteris pennæformis* Hr., prototype de notre *Pteris cretica* L., et, dans le cours du miocène, le *Woodwardtia Rœssneriania* Hr., ancêtre visible du *Woodwortia radicans* actuel.

Le *Callitris Brongniartii* Endl., dont l'espèce d'Algérie, le *C. quadrivalvis* Vent., n'est sans doute qu'un prolongement, existait encore en Provence lors de l'aquitanien, mais il tendait à y devenir de plus en plus rare. L'unique exemple que nous ayons connu de cette espèce si caractéristique des couches d'Aix et de Saint-Zacharie, sur l'horizon de l'aquitanien, se rapporte, non pas au gisement du bois d'Asson, près de Manosque, mais à celui de Fontienne, près de Forcalquier, situé, il est vrai, à peu de distance du premier et sur le même niveau géognostique.

Le genre *Podostachys* a laissé de nombreux vestiges sur un grand nombre de points du bassin de Manosque, et les *Dracæna* se trouvent représentés, à Armissan, par une très belle espèce, *D. narbonensis* Sap. ; tandis que le type du *Sabal*, et spécialement du *Sabal major* Ung., encore si rare dans la formation d'Aix, atteint un peu plus tard, lors du tongrien et de l'aquitanien, spécialement à Manosque (1), son plus grand développement. Il y avait encore des *Flabellaria* propres (probablement *Trachycarpus*) à Saint-Zacharie et dans le gypse de Gargas, mais le type cesse plus tard de se montrer.

Parmi les Laurinées, une des formes de *Cinnamomum* les

(1) Ce n'est que récemment que le *Sabal major* Ung. a été rencontré dans le gisement du bois d'Asson ; mais la beauté des échantillons ne laisse concevoir aucun doute sur la présence de l'espèce dont les prétendus *Leptomeria* représentent les parties de l'inflorescence, à l'état de fragments ou ramuscules épars.

mieux définies de la flore d'Aix, le *C. lanceolatum* Hr., est encore celle qui domine dans l'aquitanien de Manosque, où nous retrouvons également les *Cinnamomum polymorphum* Hr., *Scheuchzeri* Hr., *Buchii* Hr., *spectabile* Hr., qui, loin de décroître, tendent à occuper une place de plus en plus considérable au sein de la végétation et qui sont destinés à conserver leur importance jusque vers la fin du miocène.

Le *Bacharites aquensis* Sap., espèce dominante à Aix par la fréquence de ses empreintes, reparaît également à Manosque où il n'est pas rare. On sait que les *Engelhardtia*, très répandus à Armissan, y sont représentés par des formes (*E. Brongniartii* Sap., *E. oxyptera* Sap., *E. abscondita* Sap.) spécifiquement distinctes, mais assez peu éloignées de l'espèce d'Aix et de celles de Saint-Zacharie. A Manosque, il existe encore un *Engelhardtia*, *E. serotina* Sap., mais le type tend à disparaître; il est du moins devenu fort rare. Les autres Juglandées, *Iuglans* et *Carya*, qui commencent à se montrer, l'élimineront bientôt. Il y a encore des Cédrélées, si les *Cedrelospermum* sont réellement des graines ailées ayant appartenu à ce groupe, dans les schistes aquitaniens du bois d'Asson. Quant aux *Ailantus*, le genre, facile à reconnaître, existait certainement encore lors du dépôt de ces schistes. On n'ignore pas non plus que les *Aralia* d'Aix eurent pour successeurs, à Armissan, une des espèces fossiles les mieux connues et les plus remarquables, l'*Aralia Hercules* Sap., dont les feuilles palmées dépassent par leur dimension inusitée, celles d'une proportion plus modeste que les lits de la formation à gypses nous ont fait connaître.

C'est par des changements graduels lentement effectués et par des modifications partielles souvent répétées, portant tantôt sur une catégorie de végétaux, tantôt sur une autre, que l'ancienne flore changea à plusieurs reprises de physionomie et d'aptitudes, tout en gardant cependant et malgré tout, dans le midi de la France, ce fond invariable et permanent que la végétation de Provence, inséparable de celle des bords de la Méditerranée, présente encore sous nos yeux.

EXPLICATION DES PLANCHES

PREMIÈRE PARTIE

Planche I.

Fig. 1. ***Phyllerium inquinans*** Sap., constituant des taches ou macules éparses à la surface d'une feuille de ***Styrax***, grandeur naturelle. — 1ᵃ et 1ᵇ, même espèce vue sous un assez fort grossissement.

Fig. 2. ***Sphæria Cinnamomi*** Sap., périthèques faiblement grossis à la surface d'une feuille de ***Cinnamomum camphoræfolium*** Sap.

Fig. 3. ***Sphæria baccharicola*** Sap., périthèques disséminés à la surface d'une feuille de ***Baccharites aquensis*** Sap., grandeur naturelle. — 3ᵃ, portion de la même feuille, grossie; 3ᵇ, un périthèque assez fortement grossi.

Fig. 4. ***Sphæria transiens*** Sap., périthèques épars à la surface d'une feuille de ***Zantoxylon?***, grandeur naturelle. — 4ᵃ, portion de la même feuille, grossie; 4ᵇ, un périthèque assez fortement grossi.

Fig. 5. ***Sphæria Vaccinii*** Sap., périthèques épars à la surface d'une feuille de ***Vaccinium***, grandeur naturelle — 5ᵃ, portion de la même feuille, grossie; 5ᵇ, un périthèque assez fortement grossi.

Fig. 6. ***Jungermannites anceps***, fragment de tige, grandeur naturelle. — 6ᵃ, la même grossie.

Fig. 7. ***Fissidens antiquus*** Sap., fragment de caulicule, grandeur naturelle. — 7ᵃ, même fragment grossi, pour montrer la forme et l'agencement des feuilles.

Fig. 8. ***Gymnostomum minutulum*** Sap., fragment de caulicule, grandeur naturelle. — 8ᵃ, même fragment grossi, pour montrer la forme et l'agencement des feuilles.

Fig. 9. ***Bryum gemmiforme*** Sap., extrémité supérieure d'une caulicule, grandeur naturelle. — 9ᵃ et 9ᵇ, même fragment vu sous deux grossissements pour montrer la forme et l'agencement des feuilles.

Fig. 10. ***Leptodon plumula*** Sap., fragment de tige ramifiée, grandeur naturelle. — 10ᵃ, même fragment grossi.

Fig. 11. ***Thuidium priscum*** Sap., fragment de tige ramifiée, grandeur naturelle. — 11ᵃ, même fragment grossi; 11ᵇ, un ramule plus fortement grossi pour montrer la forme et l'agencement des feuilles.

Fig. 12. ***Sphæria Bumeliarum*** Sap., périthèques épars à la surface d'une feuille de ***Bumelia***, grandeur naturelle. — 12ᵃ, portion de la même feuille, grossie.

Fig. 13 et 14. ***Polytrichum aquense*** Sap., les deux côtés de la même empreinte; la figure 14 montre une capsule pédicellée couchée à côté du fragment de

tige, et décrit sous le nom de *Palæothecium proximum*. — 13ᵃ et 14ᵃ, les deux fragments de tiges du *Polytrichum aquense*, assez fortement grossis; 14ᵇ, capsule du *Palæothecium proximum* vue sous un assez fort grossissement.

Fig. 15. *Palæothecium ambiguum* Sap., capsule pédicellée, grandeur naturelle. — 15ᵃ, même organe grossi.

Fig. 16. *Palæothecium operculatum* Sap., capsule pédicellée, grandeur naturelle. — 16ᵃ, même organe grossi.

Planche II.

Fig. 1. *Salvinia aquensis* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 1ᵃ, même organe grossi; 1ᵇ, détails de la nervation, fortement grossis, avec les scrobicules.

Fig. 2. *Pteris disjecta* Sap., pinnule, grandeur naturelle. — 2ᵃ, la même grossie.

Fig. 3. *Chrysodium minus* Sap., fragment de pinnule, grandeur naturelle; — 3ᵃ, même fragment grossi.

Fig. 4. *Chrysodium dilaceratum* Sap., fragments de pinnules, grandeur naturelle. — 4ᵃ, mêmes fragments grossis.

Fig. 5. Même espèce, autre fragment de pinnule, grandeur naturelle. — 5ᵃ portion du même fragment, grossie, pour montrer la disposition du réseau veineux.

Fig. 6. *Lygodium parvifolium* Sap., segment de fronde, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Lygodium tenellum* Sap., fronde fertile, grandeur naturelle. — 7ᵃ, même organe grossi.

Fig. 8. *Lygodium distractum* Sap. segment de fronde, grandeur naturelle. — 8ᵃ, même segment grossi.

Fig. 9. *Pteris caudigera* Sap., fragment de pinnules, grandeur naturelle. — 9ᵃ, même fragment grossi.

Fig. 10 et 11. *Gleichenia semidestructa* Sap. — 10, fragment de pinnule, grandeur naturelle; 10ᵃ, même fragment grossi; 11, portion de rachis d'une fronde, grandeur naturelle; 11ᵃ, même organe grossi.

Fig. 12. *Maratia modesta* Sap., fragment d'une penne ou frondule, grandeur naturelle. — 12ᵃ, portion du même fragment, grossie, pour montrer la disposition des nervures et les vestiges d'insertion des appareils fructificateurs ou thèques.

Fig. 13. *Phegopteris provincialis* Sap., fragment de penne ou segment de fronde, grandeur naturelle. — 1ᵃ, portion du même segment, grossie.

Fig. 14 et 15. *Isoetopsis subaphylla* Sap., les deux côtés de la même empreinte d'une feuille fertile ou bractée écailleuse sporangifère, grandeur naturelle. — 14ᵃ, empreinte de la face ventrale, grossie; 14ᵇ, même empreinte restituée en relief, sous le même grossissement, pour montrer l'aspect et l'emplacement du sporange; 15ᵃ, empreinte de la face dorsale de la même écaille,

grossie; 15^b^, même empreinte restituée en relief d'après un moule, sous le même grossissement, pour montrer l'aspect de la carène dorsale.

Fig. 16, 17 et 18. Même espèce, autres écailles sporangifères, grossies et montrant : — les unes, 16 et 17, leur face ventrale ou supérieure, restituée en relief, d'après un moule, en 16^a^ et 17^a^; une autre, 18, montrant sa face dorsale, restituée en relief, d'après un moule, en 18^a^.

Fig. 19 et 20. Même espèce, les deux côtés d'une même empreinte représentant la base d'une feuille stérile, vaginante inférieurement, grandeur naturelle. — 19^a^ et 19^b^, les mêmes côtés grossis.

PLANCHE III.

Fig. 1-3. *Juniperus ambigua* Sap., galbules. — 1, à l'état d'empreinte, restituée en relief et légèrement grossie en 1^a^; 2 et 3, deux autres galbules, grandeur naturelle; l'un d'eux légèrement grossi en 2^a^.

Fig. 4. *Libocedrites salicornioides* Endl., article ou fragment de ramule détaché, grandeur naturelle. — 4^a^, le même grossi.

Fig. 5. *Chamæcyparites massiliensis* Sap., fragment de ramule, grandeur naturelle. — 5^a^, le même grossi.

Fig. 6-8. *Philibertia exul* Sap. — 6 et 7, ramules, grandeur naturelle; 6^a^, 6^b^ et 7^a^, les mêmes vus sous divers grossissements; 8, extrémité supérieure d'un ramule terminé par un strobile, grandeur naturelle; 8^a^, le même grossi.

Fig. 9-13. *Pinus tetraphylla* Sap. — 9, feuille, grossie en 9^a^ pour montrer la carène et les nervures latérales; 10 et 11, écaille détachée d'un strobile montrant sa face supérieure (10), avec l'emplacement occupé par les semences, et sa face dorsale ou extérieure (11), avec la saillie apophysaire, grandeur naturelle; 12 et 13, deux semences attribuées à la même espèce, grandeur naturelle.

Fig. 14-16. *Pinus brachylepis* Sap. — 14, feuille, grandeur naturelle; 14^a^, base ou partie vaginale de la même, grossie; 15 et 16, les deux côtés d'une même écaille détachée d'un strobile, grandeur naturelle; 16^a^, face dorsale de la même, grossie.

Fig. 17-18. *Pinus sodalis* Sap. — 17, feuille, grandeur naturelle; 18, fragment d'écaille détachée d'un strobile avec la saillie apophysaire restituée d'après un moule, grandeur naturelle; 18^a^, même organe grossi.

Fig. 19. *Pinus humilis* Sap., strobile, d'après un moule en relief de l'empreinte originale, grandeur naturelle.

Fig. 20-21. *Pinus setiformis* Sap., feuilles. — 20^a^, l'une d'elles, grossie.

Fig. 22. *Pinus vetustior* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 22^a^, une des aiguilles grossie; 22^b^, portion plus fortement grossie.

PLANCHE IV.

Fig. 1. *Pinus parvula* Sap., strobile, d'après un moule en relief de l'em-

preinte originale, grandeur naturelle. — 1ᵃ, plusieurs écailles grossies, pour montrer la forme de la saillie apophysaire.

Fig. 2. *Pinus humilis* Sap., strobile, d'après un moule en relief de l'empreinte originale, grandeur naturelle.

Fig. 3-5. *Pinus senescens* Sap. — 3, strobile attaché au rameau, d'après un moule en relief de l'empreinte originale, grandeur naturelle; 3ᵃ, portion du même grossie; 4 et 5, écailles isolées de la même espèce, grandeur naturelle.

Fig. 6. *Pinus parvula* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Pinus seminifer* Sap., écaille détachée d'un strobile, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Pinus robustifolia* Sap., écaille détachée d'un strobile, grandeur naturelle.

Fig. 9. *Pinus tetraphylla* Sap., semence, grandeur naturelle.

Fig. 10. *Abies palæostrobus* Sap., strobile qui paraît encore attaché à un rameau dénudé, d'après un moule en relief de l'empreinte originale, grandeur naturelle. — 10ᵃ, sommité du même organe, grossie.

Fig. 11 et 12. *Pinus gracilis* Sap., les deux côtés du même strobile encore adhérent à la branche, d'après un moule en relief de l'empreinte originale, grandeur naturelle.

Fig. 13. *Abies abscondita* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 14-17. *Podocarpus eocenica* Ung., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 18. A, *Blyttia? multisecta* Sap., frondule, grandeur naturelle; B, *Cyperites adjunctus* Sap., feuille, grossie en B'; C, *Jungermannites anceps* Sap., fragment de caulicule feuillée, grossi en C'; D, foliole d'un *Acacia;* A', frondule du *Blyttia multisecta* sous un assez fort grossissement.

PLANCHE V.

Fig. 1-8. *Ephedra nudicaulis* Sap. — 1 à 5, fragments de rameaux de diverses grosseurs, grandeur naturelle; 2ᵃ et 3ᵃ, portions de deux de ces ramules, grossies; 5, fragment de rameau avec l'origine de deux ramules latéraux, grandeur naturelle; 5ᵃ et 5ᵇ, le même grossi; 6, téguments ou involucre ovulaire, grandeur naturelle; 6ᵃ, même organe grossi; 7 et 8, rameaux terminés au sommet par des globules qui paraissent correspondre à des fruits, grandeur naturelle; 7ᵃ, un de ces rameaux grossis.

Fig. 9. En *a*, *Dracænites minor* Sap., partie inférieure d'une feuille, grandeur naturelle; en *b*, *Rhizocaulon gypsorum* Sap., radicule encore en place, munie de fibrilles, grandeur naturelle; à la surface d'une plaque marneuse.

Fig. 10. *Poacites exaratus* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 10ᵃ, détails de la nervation, grossis.

Fig. 11. *Podostachys minutiflora* Sap., organe fructificateur pédicellé, grandeur naturelle. — 11ᵃ, même organe grossi.

Fig. 12. *Philibertia exul* Sap., ramule provenant du gisement de Saint-Zacharie, grandeur naturelle. — 12ᵃ, le même grossi.

Fig. 13. *Poacites residuus* Sap., épillet, grandeur naturelle. — 13ᵃ, même organe grossi.

Fig. 14. *Poacites rescissus* Sap., fragment de tige, grandeur naturelle. — 14ᵃ, le même grossi.

Fig. 15 et 16. *Carex diffusa* Sap., utricules, grandeur naturelle. — 15ᵃ et 16ᵃ, deux de ces utricules grossis.

Fig. 17 et 18. *Carex sodalis* Sap., utricules, grandeur naturelle. — 17ᵃ et 18ᵃ, les mêmes grossis.

Fig. 19. *Carex cornuta* Sap., utricule, grandeur naturelle. — 19ᵃ, le même grossi.

Fig. 20. *Carex Philiberti* Sap., utricule, grandeur naturelle. — 20ᵃ, le même grossi.

Fig. 21. *Carex diffusa* Sap., utricule, grandeur naturelle. — 21ᵃ, le même grossi.

Fig. 22 et 23. *Carex apiculata* Sap., utricules, grandeur naturelle. — 22ᵃ et 23ᵃ, les mêmes grossis.

Fig. 24. *Carex acutior* Sap., utricule, grandeur naturelle. — 24ᵃ, le même grossi.

Planche VI.

Fig. 1. *Poacites vaginatus* Sap., fragment de tige invaginée, grandeur naturelle. — 1ᵃ, même fragment grossi.

Fig. 2 et 3. *Poacites corrugatus* Sap., épillets, grandeur naturelle. — 2ᵃ et 3ᵃ, les mêmes grossis.

Fig. 4. *Poacites bambusinus* Sap., lambeau de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 5-6. *Arundo lacerata* Sap., deux fragments de feuilles, grandeur naturelle. — 5ᵃ, détails de la nervation, grossis.

Fig. 7 et 8. *Sparganium strictum* Sap., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 9. *Sparganium stygium* Hr., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 9ᵃ, le même grossi.

Fig. 10. *Cyperites notandus* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 10ᵃ, détails de la nervation, grossis.

Fig. 11. *Cyperites lacerus* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 11ᵃ, le même assez fortement grossi.

Fig. 12 et 13. *Poacites firmior* Sap., fragments de feuille, grandeur naturelle. — 13ᵃ, détails de la nervation, grossis.

Fig. 14. *Poacites spicans* Sap., épillet, grandeur naturelle. — 14ᵃ, même organe grossi.

Fig. 15. *Poacites glycerioides* Sap., feuille presque entière, grandeur naturelle. — 15ᵃ, détails de la nervation, grossis.

Fig. 16. *Cyperites gracilis* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 16ᵃ, détails de la nervation, grossis.

Fig. 17. *Cyperites intricatus* Sap., fragment de tiges et feuille entremêlées, grandeur naturelle. — En A, fruit de *Sparganium*, attribué au *Sparganium stygium* Hr.; 17[a], portion de tige grossie; 17[a] A', fruit du *Sparganium* grossi.

Fig. 18. *Poacites spoliatus* Sap., inflorescence en épi retenant des résidus de glumelles, grandeur naturelle. — 18[a], même organe grossi.

PLANCHE VII.

Fig. 1. *Typha latissima* Al. Br., plusieurs feuilles couchée l'une sur l'autre, grandeur naturelle. — 1[a], détails de la nervation, grossis.

Fig. 2 et 3. *Typha angustior* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 2[a], 2[b], et 3[a], 3[b], détails de la nervation grossis; en 2 A, sommité d'une feuille de *Sparganium?*

Fig. 4. *Sparganium stygium* Hr., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 4[a], détails de la nervation, grossis.

Fig. 5. A, *Typha angustior* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle; B, *Cyperites effossus* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 6 et 7. *Sparganium strictum* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 6[a] et 7[a], détails de la nervation grossis.

Fig. 7 (*bis*). *Cyperites costinervis* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 7[a] et 7[b], détails de la nervation, grossis.

Fig. 8. A, *Sparganium strictum* Sap., fragment de feuille; B, *Cyperites effossus* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle, grossi en 8 B' pour montrer les détails de la nervation; C, *Poacites adscriptus* Sap., fragments de feuille, grossi en 8 C' (8[a]' par erreur).

Fig. 9. *Cyperites assimilis* Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 9[a], détails de la nervation, grossis.

Fig. 10 et 11. *Dracænites pusillus* Sap., fragment de tige bulboïde présentant une feuille encore en place, grandeur naturelle. — 11[a], feuille grossie montrant sa base et les détails de sa nervation.

PLANCHE VIII.

Fig. 1. *Poacites striatulus* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 1[a], détails de la nervation, grossis.

Fig. 2. *Dracænites resurgens* Sap., moitié inférieure d'une feuille avec une partie de la base, grandeur naturelle. — 2[a], détails de la nervation, grossis.

Fig. 3-6. *Rhizocaulon gypsorum* Sap. — 3, fragment d'une feuille repliée sur elle-même, grandeur naturelle; 4, fragment de tige ou de tégument cortical avec cicatrice radiculaire, grandeur naturelle; 5, autre fragment se rapportant à l'origine du rhizome avec nombreuses cicatrices radiculaires, grandeur naturelle; 6, autre lambeau déchiqueté de tégument cortical avec nœud et cicatrices radiculaires, grandeur naturelle.

Fig. 7-12. ***Rhizocaulon perforatum*** Sap. — 7, radicule caulinaire détachée, encore munie d'une partie de ses fibrilles, grandeur naturelle; 8, lambeau comprimé de tégument cortical avec nœud et cicatrices radiculaires éparses, grandeur naturelle; 9 et 10, deux autres lambeaux de même nature, également parsemés de cicatrices d'insertion radiculaires, grandeur naturelle; 11, autre lambeau de même nature, grandeur naturelle; 12, sommité d'une feuille attribuée à la même espèce, grandeur naturelle.

Fig. 13. ***Smilax Philiberti*** Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 14. ***Cyperites detectus*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 15. ***Iridium latius*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE IX.

Fig. 1 et 2. ***Smilax Coquandii*** Sap. — 1, fragment de feuille; 2, la même restaurée.

Fig. 3. ***Cyperites plicatifolius*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 4. ***Potamogeton trinervius*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 5. ***Crocus? atavorum*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 6 et 7. ***Potamogeton asperulus*** Sap. — 6, fragments de tiges et de feuilles accumulées, grandeur naturelle; 6^a, portion de feuille, grossie; 6^b et 6^c, portions de tiges, grossies; 7, portion de tige ramifiée, grandeur naturelle.

Fig. 8. ***Potamogeton filiformis*** Sap., portion de tige, munie de ses feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 9. ***Cyperites reflexus*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 10. ***Iridium aquense*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 10^a, détails de la nervation, grossis.

Fig. 11. ***Dracænites pusillus*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 11^a, détails de la nervation, grossis.

Fig. 12. ***Depazea Andromedæ*** Sap., macules éparses à la surface d'une feuille de l'*Andromeda atavia* Sap. — 12^a, portion grossie pour montrer la forme et la disposition des macules attribuées au *Depazea*.

Fig. 13. ***Cyperites costinervis*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle. — 13^a, détails de la nervation grossis.

PLANCHE X.

Fig. 1-2. ***Musophyllum speciosum*** Sap., fragments de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 3-5. ***Zingiberites petiolaris*** Sap., lambeaux de feuilles bractéiformes, grandeur naturelle. — 4^a et 5^a, portions grossies pour montrer la disposition des nervures.

Fig. 6. ***Potamogeton erectus*** Sap., portion de tige, pourvue de ses feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 7. ***Sabalites præcursoria*** Sap., portion de fronde, grandeur naturelle.

DEUXIÈME PARTIE

PLANCHE I.

Fig. 1. ***Myrica dryomorpha*** Sap., feuille, grandeur naturelle. — 1ª, détails de la nervation, grossis.

Fig. 2. ***Myrica lævigata?*** Sap., portion de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 3. ***Myrica elongata*** Sap., feuille mutilée inférieurement, grandeur naturelle.

Fig. 4-5. ***Myrica aquensis*** Sap., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 6. ***Myrica palæomera*** Sap., chaton présumé, grandeur naturelle. — 6ª, même organe grossi.

Fig. 7-10. ***Alnus antiquorum*** Sap. — 7 et 8, les deux côtés d'une même feuille, grandeur naturelle; 9, autre feuille de la même espèce, grandeur naturelle; 10, strobile, grandeur naturelle; 10ª, même organe grossi.

Fig. 11. ***Ostrya humilis*** Sap., involucre, grandeur naturelle. — 11ª et 11ᵇ, même organe grossi et vu par l'une et l'autre de ses deux faces, d'après un moule en relief; 11ᶜ, détails de la nervation, grossis.

Fig. 12. ***Dalbergia affinis*** Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 13. ***Phyllites mimosæformis*** Sap., segment de foliole, grandeur naturelle.

PLANCHE II.

Fig. 1 et 2. ***Ostrya humilis*** Sap., les deux côtés d'une empreinte de feuille, partiellement restaurée, grandeur naturelle. — 2ª, détails de la nervation, grossis.

Fig. 3 et 4. ***Alnus antiquorum*** Sap. — 3, chatons présumés, grandeur naturelle; 3ª, mêmes organes grossis; 4, samare, grandeur naturelle; 4ª, même organe grossi.

Fig. 5. ***Betula sodalis*** Sap., samare, grandeur naturelle. — 5ª, même organe grossi.

Fig. 6-8. ***Betula stenolepis*** Sap. — 6, samare, grandeur naturelle; 6ª, même organe grossi; 7 et 8, écaille détachée d'un strobile, vue des deux côtés, grandeur naturelle; 7ª et 8ª, les mêmes côtés vus sous un fort grossissement.

Fig. 9. ***Populus Heerii*** Sap., fragment de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 10. ***Quercus areolata*** Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 11. ***Quercus palæophellos*** Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 12 et 13. ***Quercus elliptica*** Sap., feuilles, grandeur naturelle. — En *a*, fig. 12, ***Acer oligopteryx*** Sap., samare, grandeur naturelle. — 12ª, même organe grossi.

Fig. 14. *Quercus spinescens* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 14ª, détails de la nervation, grossis.

PLANCHE III.

Fig. 1 et 2. *Myrica iliciformis* Sap., feuilles, grandeur naturelle. — 2ª, détails de la nervation, grossis.

Fig. 3. *Quercus elliptica* Sap., deux feuilles couchées l'une sur l'autre, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Quercus ilicina* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 4ª et 4ᵇ, détails de la nervation, grossis.

Fig. 5, 6 et 7. *Quercus aquisextana* Sap. — 5 et 6, fragments de feuille, se rapportant aux deux faces d'une même empreinte, grandeur naturelle; 7, feuille reconstituée, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Salix aquensis* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 8ª, détails de la nervation, grossis.

Fig. 9. *Salix demersa* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 10. *Sapindus lacerus* Sap., foliole, grandeur naturelle.

PLANCHE IV.

Fig. 1. *Quercus lauriformis* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 2. *Quercus elæomorpha* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 3. *Ficus superstes* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Tetranthera incognita* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 5. *Daphnogene amplior* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 6. *Oreodaphne vetustior* Sap., fruit présumé, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Cinnamomum apiculatum* Sap., fruit, grandeur naturelle. — 7ª, même organe grossi.

Fig. 8. *Cinnamomum palæocarpum* Sap., fruit. — 8ª, même organe grossi.

Fig. 9. *Oreodaphne restituta* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 10, 11, 12, 13 et 14. *Populus Heerii* Sap. — 10 et 11, fruit capsulaire vu par ses deux faces, grandeur naturelle; 10ª, le même grossi, d'après un moule en relief; 12, bractées ou écailles gemmaires attribuées à la même espèce, grandeur naturelle; 13 et 14, autre bractée ciliée, vue par les deux faces, grandeur naturelle; 13ª et 14ª, même organe grossi.

Fig. 15. *Salix retinervis* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 16 et 17. *Salix aquensis* Sap., fruits capsulaires bivalves présumés.

PLANCHE V.

Fig. 1. *Cinnamomum spectabile* Hr., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 2 et 3. *Cinnamomum Buchii* Hr., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Cinnamomum ovale* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 5. *Oreodaphne detecta* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 6. *Cinnamomum Scheuchzeri* Hr., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Daphnogene lacera* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Daphnogene parvula* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 9. *Daphne impressa* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 10 et 11. *Quercus socia* Sap., feuille, les deux côtés d'une même empreinte, grandeur naturelle.

Fig. 12. *Dalbergia phleboptera?* Sap., légume, grandeur naturelle.

PLANCHE VI.

Fig. 1. *Cinnamomum Scheuchzeri* Hr., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 2. *Cinnamomum Buchii* Hr., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 3 et 4. *Cinnamomum elongatum* Sap., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 5, 6, 7, 8, 9 et 10. *Cinnamomum lanceolatum* Hr., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 11. *Daphnogene coriacea* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 12. *Cinnamomum rotundatum* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 13, 14 et 15. *Cinnamomum ovale* Sap., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 16 et 17. *Cinnamomum aquense* Sap., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 18. *Cinnamomum emarginatum* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 19. *Cinnamomum subtilinervium* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 20. *Cinnamomum minutulum* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 21. *Cinnamomum spectabile* Hr., feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE VII.

Fig. 1. *Cinnamomum polymorphum* Hr., var. *camphoræfolium* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 2 et 3. *Phœbe aquensis* Sap. — 2, feuille, grandeur naturelle; 3, fragment de périanthe ou calice pédonculé fructifère, grandeur naturelle; 3ª, même organe grossi.

Fig. 4 et 5. *Oreodaphne vetustior* Sap., les deux faces d'une même feuille, grandeur naturelle.

Fig. 6 et 7. *Oreodaphne gracilis* Sap., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Proteoides Philiberti* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 9. *Vaccinium numullarium* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 10. *Vaccinium minutifolium* Sap., feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE VIII.

Fig. 1. *Palæorachis subgracilis* Sap., fragment de rachis, grandeur naturelle.

Fig. 2. *Palæorachis distans* (Ett.) Sap., fragment de rachis, grandeur naturelle.

Fig. 3, 4, 5 et 6. *Palæorachis prisca* Sap., fragments de diverses parties du rachis d'une inflorescence de Sabal? grandeur naturelle.

Fig. 7 et 8. *Catalpa palæosperma* Sap., graines, grandeur naturelle. — 7ª et 8ª, les mêmes grossis.

Fig. 9, 10, 11, 12, 13 et 14. *Catalpa microsperma* Sap., graines, grandeur naturelle. — 9ª et 10ª, deux de ces graines grossies.

Fig. 15. *Catalpa palæosperma* Sap., graine, grandeur naturelle. — 15ª, même organe grossi.

Fig. 16. *Cypselites aquensis* Sap., achaine, grandeur naturelle. — 16ª, même organe grossi.

Fig. 17. *Cypselites fractus* Sap., achaine, grandeur naturelle. — 17ª, même organe grossi.

Fig. 18. *Cypselites spoliatus* Sap., achaine, grandeur naturelle. — 18ª, même organe grossi.

Fig. 19. *Cypselites tenuirostratus* Sap., achaine. — 19ª, même organe grossi.

Planche IX.

Fig. 1 et 2. *Fraxinus longinqua* Sap. — 1, samare, grandeur naturelle; 1ª, même organe grossi; 2, foliole présumée, grandeur naturelle.

Fig. 3. *Isatides microcarpa* Sap., silicule, grandeur naturelle. — 3ª, même organe grossi.

Fig. 4 et 5. *Nerium exile* Sap. — 4, feuille, grandeur naturelle; 4ª, détails de la nervation, grossis; 5, follicule, grandeur naturelle; 5ª, même organe, grossi.

Fig. 6. *Apocynophyllum macilentum* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Olea (Notelea?) grandæva* Sap., fragment de rameau muni de plusieurs feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Vaccinium aquense* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 9. *Styrax atavium* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 10 et 11. *Myrsine miranda* Sap., les deux côtés de la même empreinte de feuille, grandeur naturelle.

Fig. 12. *Bumelia expansa* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 13. *Myrsine subretusa* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 13ª, la même grossie.

Fig. 14. *Bumelia Oreadum* Ung., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 15. *Andromeda adjuncta* Sap., feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE X.

Fig. 1 et 2. *Hedera Philiberti* Sap., feuilles, grandeur naturelle.

Fig. 3. *Aralia corrugata* Sap., foliole présumée, grandeur naturelle.

Fig. 4 et 5. *Diospyros multinervis* Sap., feuilles, grandeur naturelle. — 5[a], détails de la nervation, grossis.

Fig. 6. *Diospyros corrugata* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 6[a], détails de la nervation, grossis.

Fig. 7. *Cedrelospermum Philiberti* Sap., graine ailée, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Hedera Philiberti* Sap., fruit présumé, grandeur naturelle. — 8[a], même organe grossi.

PLANCHE XI ET XII.

Fig. 1 et 2. *Aralia aquisextana* Sap., portions de feuilles, dont l'une réduite au pétiole, grandeur naturelle.

Fig. 3. *Aralia transversinervia* Sap., foliole présumée, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Aralia spinulosa* Sap., foliole présumée, grandeur naturelle.

Fig. 5. *Aralia* (*Cussonia?*) *retinervis* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 6. *Aralia cristata* Sap., fruit, grandeur naturelle. — 6[a], même organe grossi.

Fig. 7. *Pimelea obscura* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Andromeda adscribenda* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 9 et 10. *Myrtus corrugata* Sap., les deux côtés d'une empreinte de feuilles mutilées, grandeur naturelle.

Fig. 11. *Dalbergia adjuncta* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 12. *Cæsalpinites oxycarpus* Sap., légume grossi.

PLANCHE XIII.

Fig. 1. *Myrsine reperta* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 2. *Berberis* (*Mahonia*) *aculeata* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 3, 4 et 5. *Bumelia subspathulata* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 6. *Phyllites squamosus* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 6[a], la même grossie.

Fig. 7. *Bumelia minuta* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 7[a], la même grossie.

Fig. 8. *Callistemophyllum priscum* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 9. *Myrtus aquensis* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 10 et 11. *Nymphæa gypsorum* Sap. — 10, coussinet foliaire ou pédonculaire, grandeur naturelle; 11, amas de graines, grandeur naturelle; 11[a], mêmes organes grossis.

Fig. 12. *Anæctomeria nana* Sap., coussinets foliaires, grandeur naturelle. — 12ª, les mêmes grossis.

Fig. 13 et 14. *Nymphæa parvula* Sap., graines présumées, grandeur naturelle. — 14ª, l'une d'elles grossie, pour montrer l'ouverture et la saillie micropylaires.

Fig. 15, 16 et 17. *Anæctomeria nana* Sap. — 15, ovaire ou fruit jeune présumé, grandeur naturelle; 15ª, même organe grossi; 16, disque épigyne détaché, grandeur naturelle; 16ª, même organe grossi; 17, graines présumées, grandeur naturelle; 17ª, les mêmes grossies; 17ᵇ, les mêmes moulées et grossies.

PLANCHE XIV.

Fig. 1. *Magnolia* (*Michelia?*) *proxima* Sap., feuille en partie restaurée, grandeur naturelle.

Fig. 2. *Phyllites assimilis* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 3. *Diospyros varians* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Aralia paratropiæformis* Sap., fruit, grandeur naturelle. — 4ª, même organe grossi.

Fig. 5 et 6. *Polygala pristina* Sap. — 5, feuille, grandeur naturelle; 5ª, la même grossie; 6, fruit samaroïde présumé, grandeur naturelle; 6ª, même organe grossi.

Fig. 7. *Celastrus emarginatus* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 8 et 9. *Acer sextianum* Sap., les deux côtés d'une samare, grandeur naturelle.

Fig. 10 et 11. *Zygophyllum primævum* Sap., valves samaroïdes, grandeur naturelle. — 10ª et 11ª, les mêmes grossies.

Fig. 12. *Zygophyllum cyclopterum* Sap., capsule ou valve de capsule samaroïde, grandeur naturelle. — 12ª et 12ᵇ, même organe sous deux grossissements.

Fig. 13. *Celastrus lacerus* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 14. *Zanthoxylon aquense* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 11ª, la même grossie.

PLANCHE XV.

Fig. 1 et 2. *Celastrus Adansoni* Sap., les deux côtés d'une même feuille, grandeur naturelle.

Fig. 3. *Celastrus salyensis* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Celastrus crenulatus* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 5. *Celastrus gracilior* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 6. *Zizyphus ovata* O. Web., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Amygdalus obtusata* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Myrtus palæogæa* Sap., foliole, grandeur naturelle. — 8ª, même organe grossi.

Fig. 9. *Rhus macilenta* Sap., foliole, grandeur naturelle. — 9[a], la même grossie.

Fig. 10. *Rhus effossa* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 11. *Myrtus priscorum* Sap., fruit présumé, grandeur naturelle. — 11[a], même organe grossi.

Fig. 12 et 13. *Cotoneaster primordialis* Sap., fruits, grandeur naturelle. — 13[a], les mêmes grossis.

PLANCHE XVI.

Fig. 1. *Rhamnus cyclophyllus* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 2. *Phyllites pistaciæformis* Sap., feuille ou foliole, grandeur naturelle.

Fig. 3. *Myrsine pachyderma* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 3[a], la même grossie.

Fig. 4. *Anthites trifidus* Sap., calice? grandeur naturelle. — 4[a], même organe grossi.

Fig. 5. *Phyllites plicato-rugosus* Sap., feuille ou foliole, grandeur naturelle.

Fig. 6. *Carpites stipatus* Sap., fruit, grandeur naturelle. — 6[a] et 6[b], même organe grossi.

Fig. 7. *Dalbergia emarginata* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Phyllites repertus* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 9. *Phyllites extractus* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 10. *Andromeda atavia* Sap , feuille, grandeur naturelle.

Fig. 11. *Phyllites socius* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 12. *Phyllites proximus* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 13. *Vaccinium admissum* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 14. *Dalbergia superstes* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 15. *Rhus denticulata* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 16. *Vaccinium parvulum* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 16[a], la même grossie.

Fig. 17. *Phyllites pachydermus* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 17[a], la même grossie.

Fig. 18. *Phyllites vestitus* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 18[a], la même grossie.

Fig. 19. *Phyllites spinulosus* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 19[a], la même grossie.

Fig. 20. *Isatides capselloides* Sap., silicule, grandeur naturelle. — 20[a], même organe grossi.

Fig. 21. *Carpites capsularis* Sap., fruit capsulaire, grandeur naturelle. — 21[a], le même grossi.

Fig. 22. *Anthites residuus* Sap., corolle ou fleur, grandeur naturelle. — 22[a], la même grossie.

Fig. 23. *Peucedanites coronatus* Sap., méricarpe présumé, grandeur naturelle. — 23[a], même organe grossi.

Fig. 24. *Nerium exile* Sap., graine présumée, grandeur naturelle. — 24ª, la même grossie.

Fig. 25. *Anthites exul* Sap., fleur, grandeur naturelle. — 25ª, la même grossi.

PLANCHE XVII.

Fig. 1 et 2. *Trifolium palæocalyx* Sap., les deux côtés d'un calice fructifère, grandeur naturelle. — 1ª et 2ª, les mêmes côtés grossis.

Fig. 3 et 4. *Carpites nucamentosus* Sap., fruit. — 3, empreinte, grandeur naturelle ; 4, même organe, d'après un moule en relief.

Fig. 5. *Carpites appendiculatus* Sap., organe carpellaire ? grandeur naturelle. — 5ª, le même grossi.

Fig. 6 et 7. *Chenopodites helicoides* Sap., graines comprimées et cyclospermées, présumées, grandeur naturelle. — 7ª, l'une d'elles grossie.

Fig. 8. *Osyris primæva* Sap., fruit présumé, grandeur naturelle. — 8ª, même organe grossi.

Fig. 9. *Osyris socia* Sap., fruit, grandeur naturelle. — 9ª, même organe grossi.

Fig. 10. *Osyris socia ?* Sap., autre fruit présumé, grandeur naturelle.

Fig. 11. *Carpites trapæformis* Sap., fruit, grandeur naturelle. — 11ª, même organe grossi.

Fig. 12, 13 et 14. *Hieracites stellatus* Sap., involucres présumés, de grandeur naturelle et grossis.

Fig. 15 et 16. *Inula pulicaria* L., involucres ouverts et étalés après l'anthèse, pour servir de terme de comparaison avec l'*Hieracites stellatus*.

Fig. 17. *Anthites caryophylloides* Sap., organe floral, grandeur naturelle. — 17ª, le même grossi.

Fig. 18. *Anthites fragilis* Sap., fleur ou calice, grandeur naturelle. — 18ª, même organe grossi.

Fig. 19. *Carpites collectus* Sap., fruit bacciforme, grandeur naturelle. — 19ª, le même grossi.

Fig. 20. *Anthites exul* Sap., fleur, grandeur naturelle.

Fig. 21. *Myrsinites palæanthus* Sap., corolle, grandeur naturelle. — 21ª, même organe grossi.

Fig. 22. *Anthites obscurus* Sap., calice ou corolle, grandeur naturelle. — 22ª, même organe grossi.

Fig. 23. *Dalbergia collecta* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 24. *Zygophyllum primævum* Sap., feuille présumée, grandeur naturelle.

Fig. 25. *Cassia aquensis* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 26. *Gymnocladus modesta* Sap., foliole, grandeur naturelle.

PLANCHE XVIII.

Fig. 1. *Andromeda subterranea* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 2. *Myrsine punctulata* Sap., feuille, grandeur naturelle. — 2ª, la même grossie.

Fig. 3. *Rhamnus approximatus* Sap., feuille, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Phyllites litigiosus* Sap., feuille ou foliole, grandeur naturelle.

Fig. 5. *Cedrelospermum abietinum* Sap., graine, grandeur naturelle. — 5ª, la même grossie.

Fig. 6. *Cedrelospermum refractum* Sap., graine, grandeur naturelle. — 6ª, la même grossie.

Fig. 7. *Cedrelospermum cyclopterum* Sap., graine, grandeur naturelle. — 7ª, la même grossie.

Fig. 8. *Cedrelospermum cultratum* Sap., graine, grandeur naturelle. — 8ª, la même grossie.

Fig. 9 et 10. *Cedrelospermum Philiberti* Sap., graines, grandeur naturelle. — 9ª et 10ª, les mêmes grossies.

Fig. 11. *Cedrelospermum aquense* Sap., graine, grandeur naturelle. — 11ª, la même grossie.

Fig. 12. *Carpites compressus* Sap., fruit, grandeur naturelle. — 12ª, le même grossi.

Fig. 13. *Ranunculus palæocarpus* Sap., achaine présumé —13ª, même organe grossi.

Fig. 14. *Clematis nudistyla* Sap., achaine présumé, grandeur naturelle. — 14ª, même organe grossi.

Fig. 15, 16 et 17. *Cedrelospermum* (*Embothrites*) *boreale* (Ung.) Sap., réunion de graines, grandeur naturelle. — 15ª et 17ª, plusieurs d'entre elles, grossies.

Fig. 18. *Dalbergia phleboptera* Sap., légume, grandeur naturelle. — 18ª, le même grossi.

Fig. 19. *Dalbergia microcarpa* Sap., légume, grandeur naturelle. — 19ª, même organe grossi.

Fig. 20. *Dalbergia selecta* Sap., légume, grandeur naturelle. — 20ª, le même grossi.

Fig. 21. *Leguminosites superstes* Sap., foliole, grandeur naturelle. — 21ª, la même grossie.

Fig. 22 et 23. *Acacia gracillima* Sap., folioles, grandeur naturelle. — 22ª et 23ª, les mêmes grossies.

Fig. 24 et 25. *Acacia assimilanda* Sap., folioles, grandeur naturelle. — 24ª et 25ª, les mêmes grossies.

Fig. 26. *Acacia discreta* Sap., foliole, grandeur naturelle. — 26ª, la même grossie.

Fig. 27. *Acacia assimilanda* Sap., foliole, grandeur naturelle. — 27ª, la même grossie.

Fig. 28 et 29. *Acacia oblita* Sap., folioles, grandeur naturelle. — 28ª et 29ª, les mêmes grossies.

PLANCHE XIX.

Fig. 1 et 2. *Acacia brevior* Sap., légumes, grandeur naturelle.

Fig. 3. *Acacia obscura* Sap., légume, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Acacia exilis* Sap., moitié inférieure d'un légume, grandeur naturelle. — 4ª, même organe grossi.

Fig. 5, 6 et 7. *Calpurnia microcarpa* Sap. — 5, légume complet, grandeur naturelle; 6 et 7, folioles présumées, grandeur naturelle.

Fig. 8. *Dalbergia minima* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 9. *Mimosa macroptera* Sap., fragment de foliole, grandeur naturelle.

Fig. 10. *Cassia aquensis* Sap., légume présumé, grandeur naturelle.

Fig. 11. *Acacia brachycarpa* Sap., légume, grandeur naturelle.

Fig. 12, 13, 14 et 15. *Acacia oblita* Sap., folioles, grandeur naturelle. — 12ª et 15ª, les mêmes grossies.

Fig. 16. *Leguminosites microspermus* Sap., légume, grandeur naturelle. — 16ª, même organe grossi.

Fig. 17 et 18. *Citysus palæocarpus* Sap., les deux côtés du même légume déhiscent et aux valves étalées, grandeur naturelle. — 17ª et 18ª, les mêmes parties grossies.

Fig. 19. *Dalbergia (Brachypterum?) provincialis* Sap., légume monosperme, grandeur naturelle. — 19ª, le même grossi.

Fig. 20. *Leguminosites verrucosus* Sap., valve de fruit, grandeur naturelle. — 20ª, même organe grossi.

Fig. 21. *Mimosa Philiberti* Sap., fragment de feuille avec deux folioles opposées, grandeur naturelle.

Fig. 22. *Acacia adscripta* Sap., foliole, grandeur naturelle. — 22ª, la même grossie.

Fig. 23. *Leguminosites restitutus* Sap., foliole, grandeur naturelle.

Fig. 24 *Cæsalpinites colligendus* Sap., foliole, grandeur naturelle.

PLANCHE XX.

Fig. 1. *Carpites sulcato-rugosus* Sap., valve capsulaire, grandeur naturelle. — 1ª, même organe grossi.

Fig. 2. *Anthites spoliatus* Sap., fleur ou calice, grandeur naturelle. — 2ª, même organe grossi.

Fig. 3. *Peucedanites æthusæformis* Sap., méricarpe présumé, grandeur naturelle. — 3ª, même organe grossi.

Fig. 4. *Carpites discoidalis* Sap., fruit, grandeur naturelle — 4ᵃ, même organe grossi. — 4ᵇ, le même grossi d'après un moule en relief.

Fig. 5. *Hieracites nudatus* Sap., réceptacle présumé, grandeur naturelle. — 5ᵃ, même organe grossi.

Fig. 6, *Cypselites trisulcatus* Sap., achaine, grandeur naturelle. — 6ᵃ, le même grossi.

Fig. 7. *Carpites pusillus* Sap., carpelle ou achaine, grandeur naturelle. — 7ᵃ, même organe grossi.

Fig. 8. *Myrsinites primævus* Sap., fleur présumée, grandeur naturelle. — 8ᵃ, même organe grossi.

Fig. 9. Organe à déterminer. — 9ᵃ, le même grossi.

Fig. 10 et 11. *Carpites punctulatus* Sap., les deux faces d'un fruit capsulaire? grandeur naturelle. — 10ᵃ et 11ᵃ, les mêmes grossies.

Fig. 12, 13, 14 et 15. *Spermites hians*, graines d'attribution incertaine. — 12ᵃ 13ᵃ 14ᵃ et 15, les mêmes grossies.

Fig. 16 et 17. Organes semblables aux précédents, grossis.

Fig. 18. *Osyris socia* Sap., fruit, grandeur naturelle. — 18ᵃ, même organe grossi.

Fig. 19. *Carpites incertus* Sap., fruit, grandeur naturelle. — 19ᵃ, même organe grossi.

Fig. 20. *Anthites clausus* Sap., calice, grandeur naturelle. — 20ᵃ, même organe grossi.

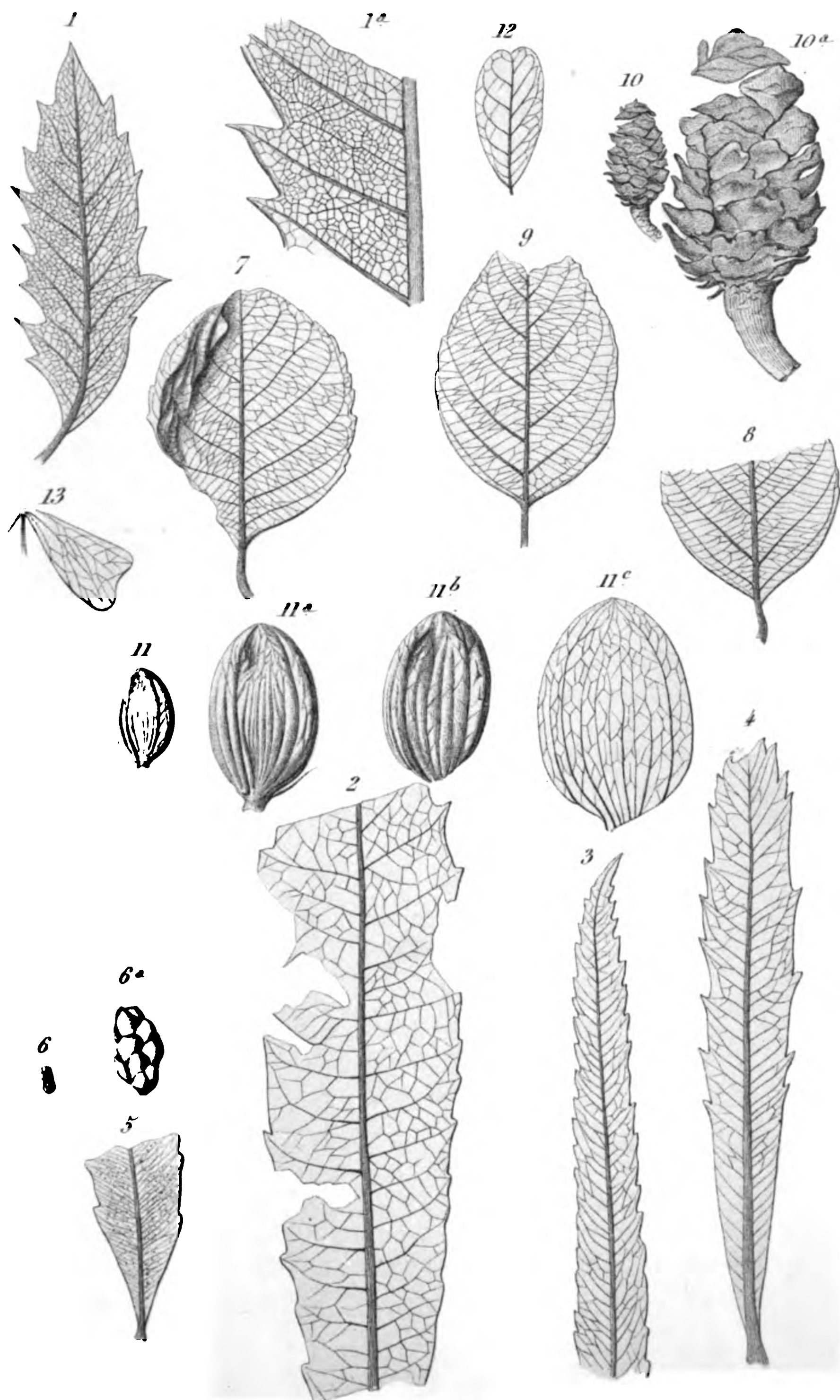
Fig. 21. *Carpites glomeratus* Sap., organe pluricarpellé, grandeur naturelle. — 21ᵃ, même organe grossi.

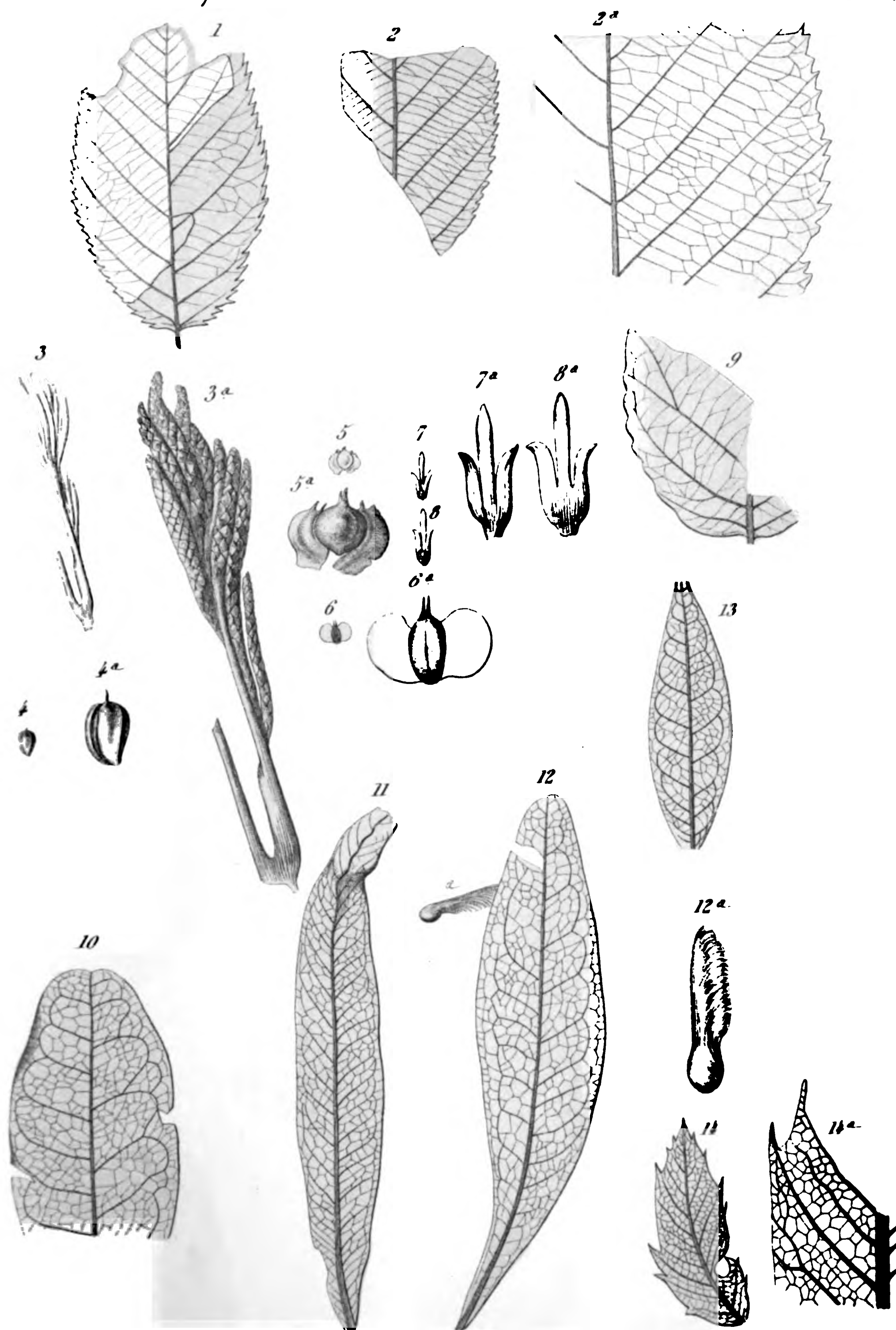
Fig. 22, 23, 24, 25 et 26. *Carpites decipiens* Sap., valves carpellaires reproduites sous divers aspects, grandeur naturelle. — 22ᵃ et 22ᵇ, 24ᵃ, 25 et 26, détails grossis, d'après des moules en relief de ces mêmes organes.

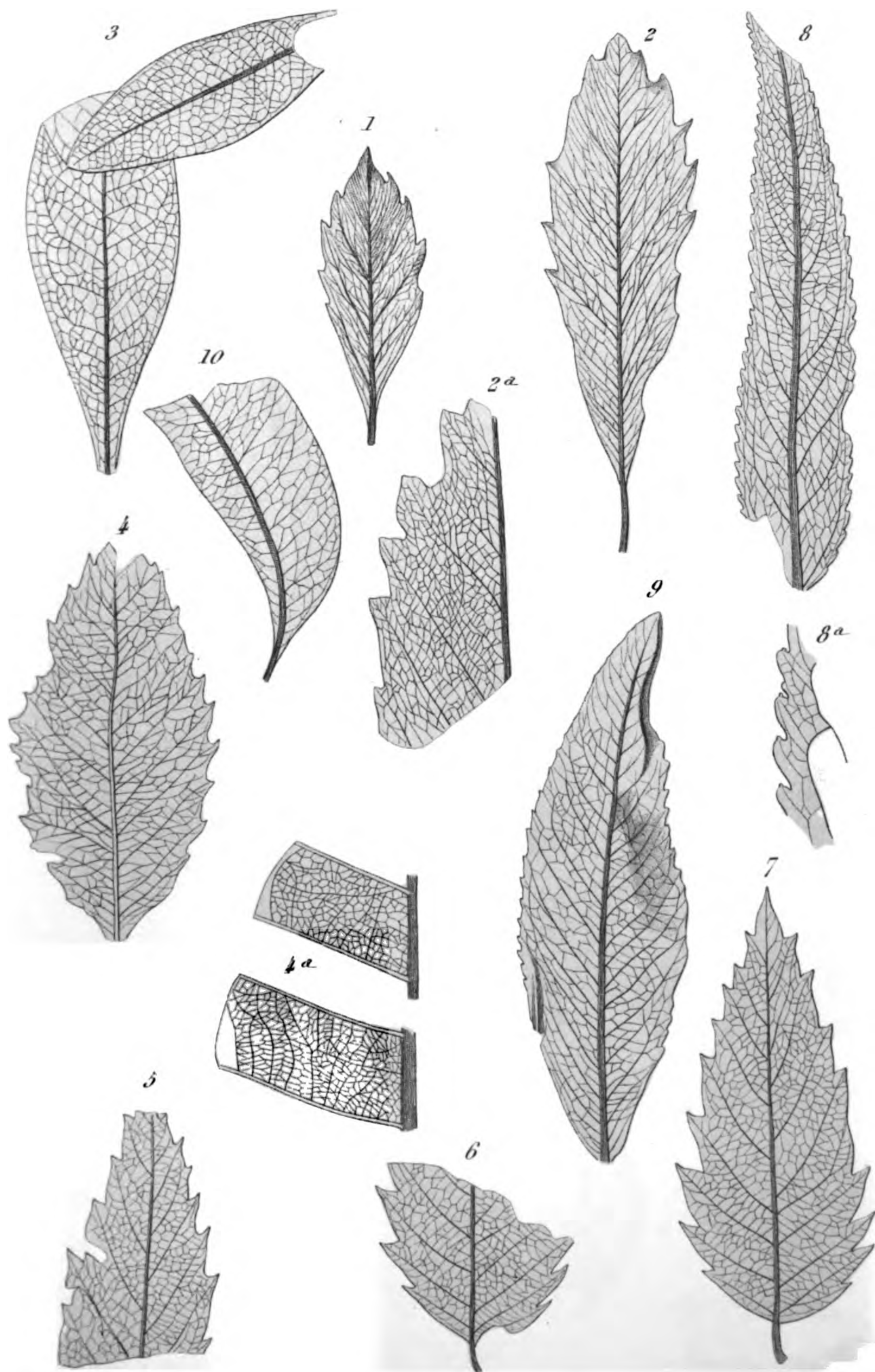
Fig. 27 et 28. *Spermites semi-alatus* Sap. — 27, graine ailée, grandeur naturelle; 27ᵃ, même organe grossi; 28, autre graine semblable, grandeur naturelle.

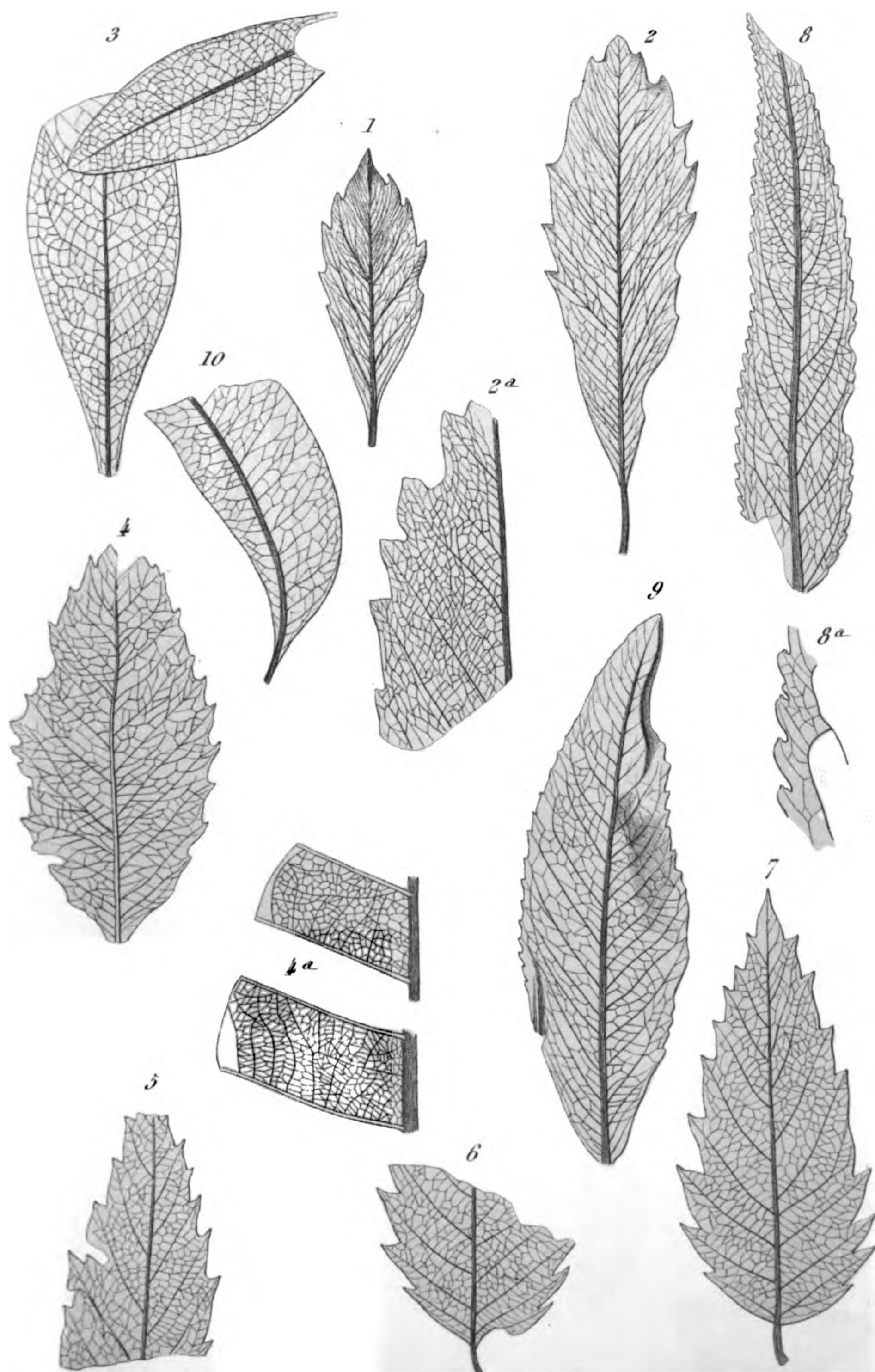
Fig. 29. *Spermites pilosus* Sap., graine poilue, grandeur naturelle. — 29ᵃ, même organe grossi.

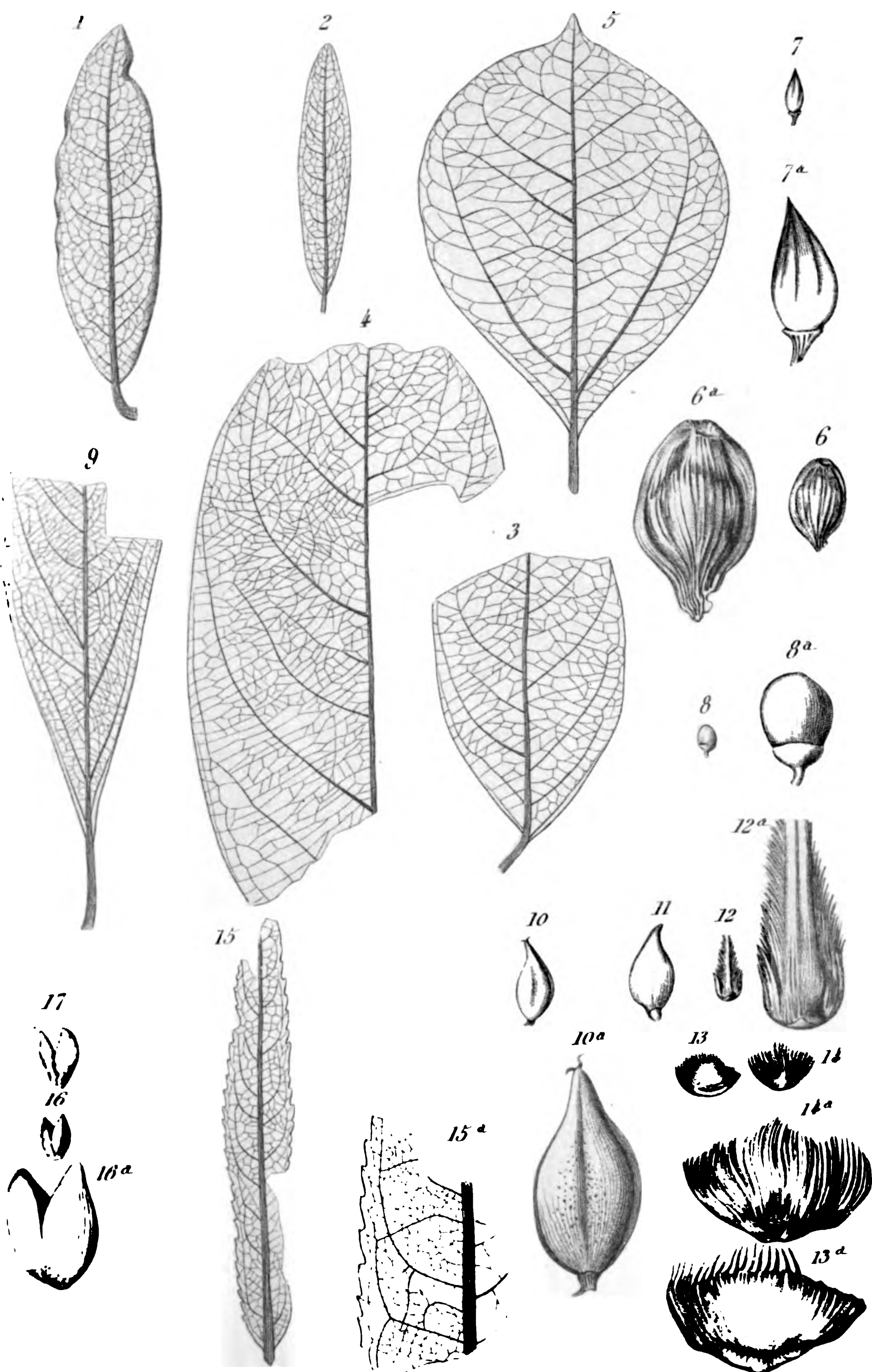
Imprimeries réunies, A, rue Mignon, 2, Paris.

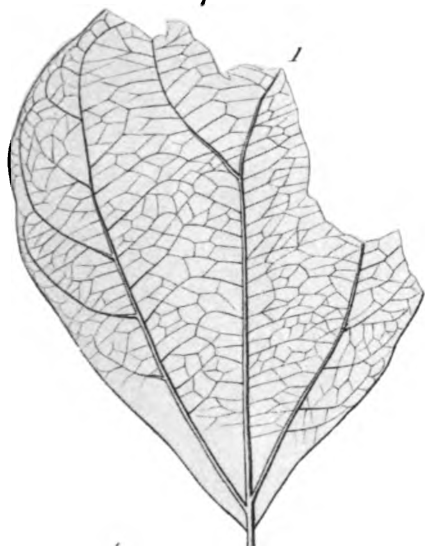

1
1a
12
10
10a
9
7
8
13
11c
11b
11a
11
2
4
3
6a
6
5

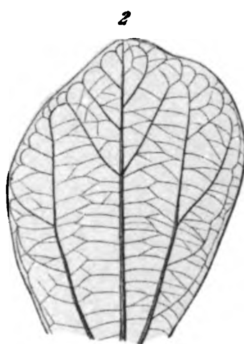

1
2
2a
3
3a
5
5a
7
7a
8a
8
9
6
6a
4
4a
13
11
12
a
12a
10
14
14a

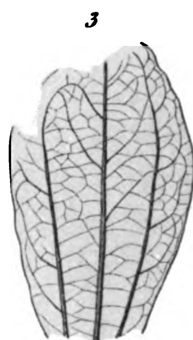

3
1
2
8
10
2a
4
9
8a
4a
7
5
6

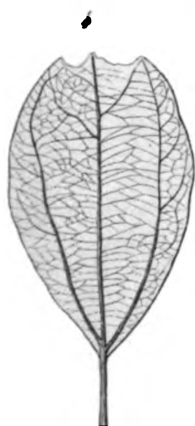

3
1
2
8
10
2a
4
9
8a
7
4a
5
6

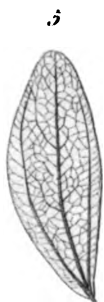

1
2
5
7
7a
4
6a
6
9
3
8a
8
12a
10
11
12
15
17
16
16a
10a
13
14
14a
15a
13a


1

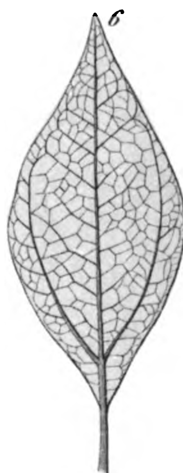

2

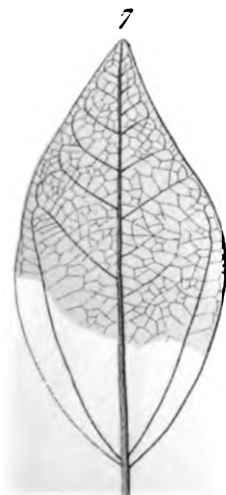

3




5

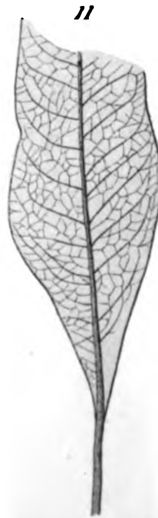

9

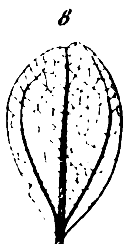

6

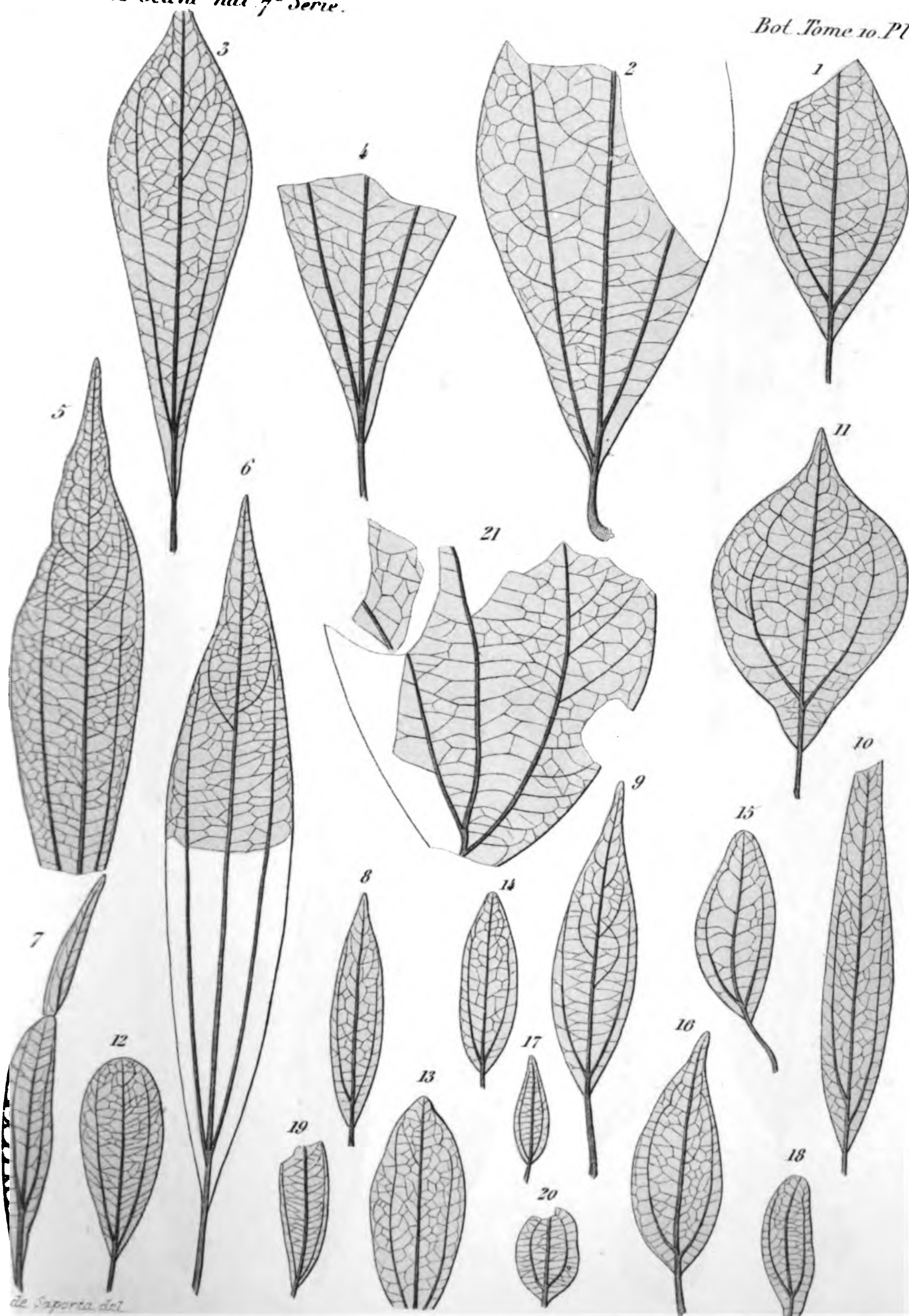

7


12

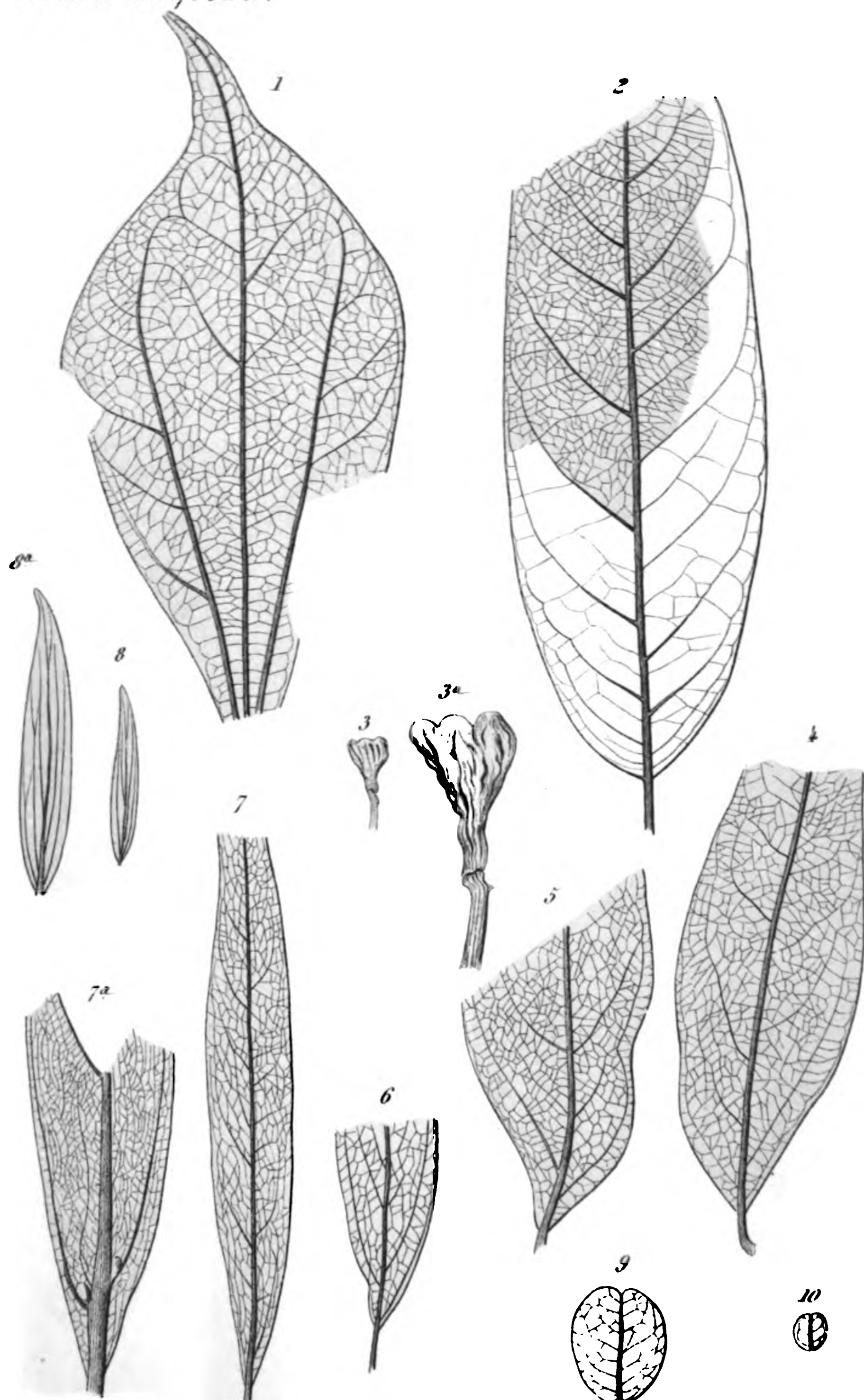

10

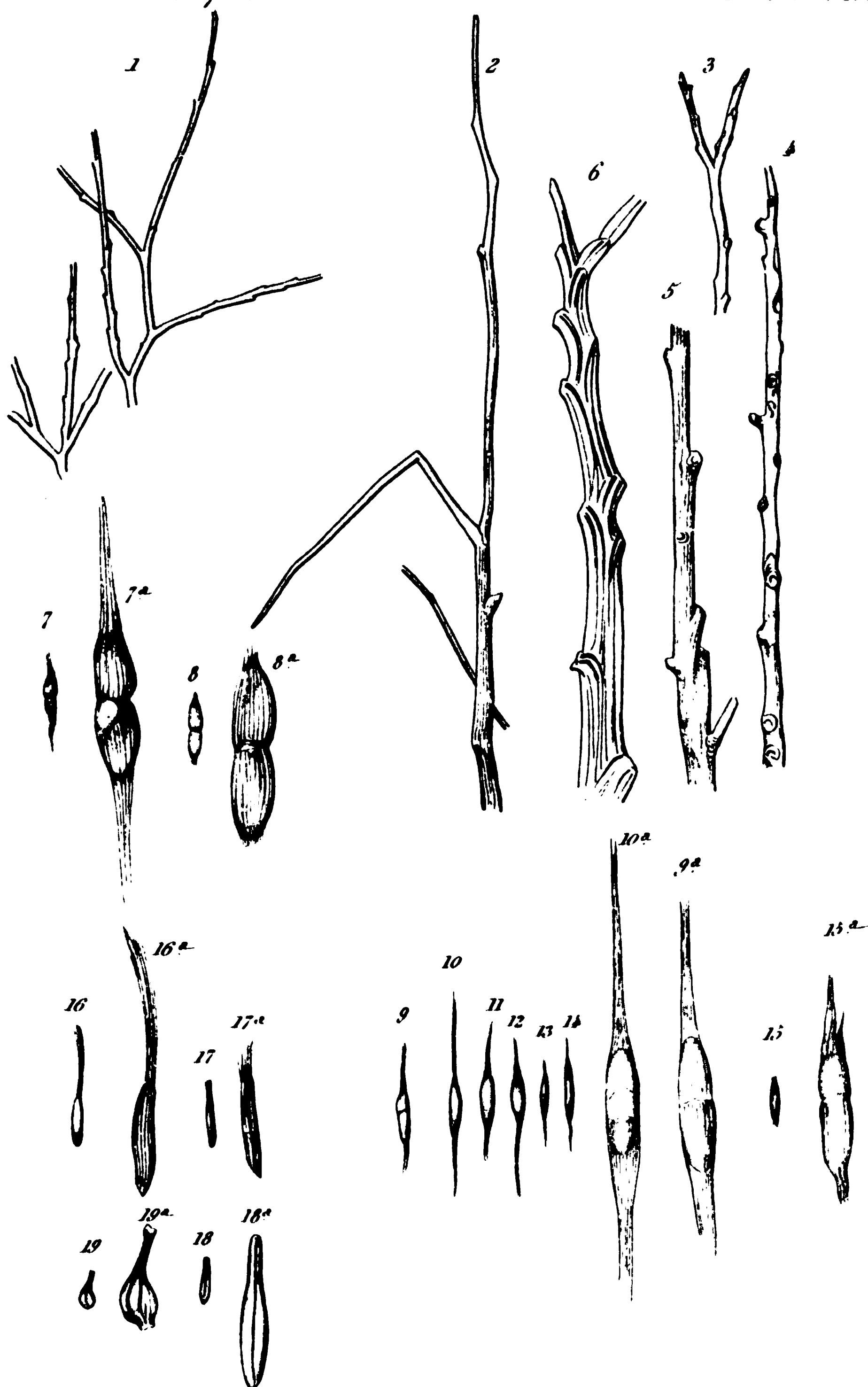

11

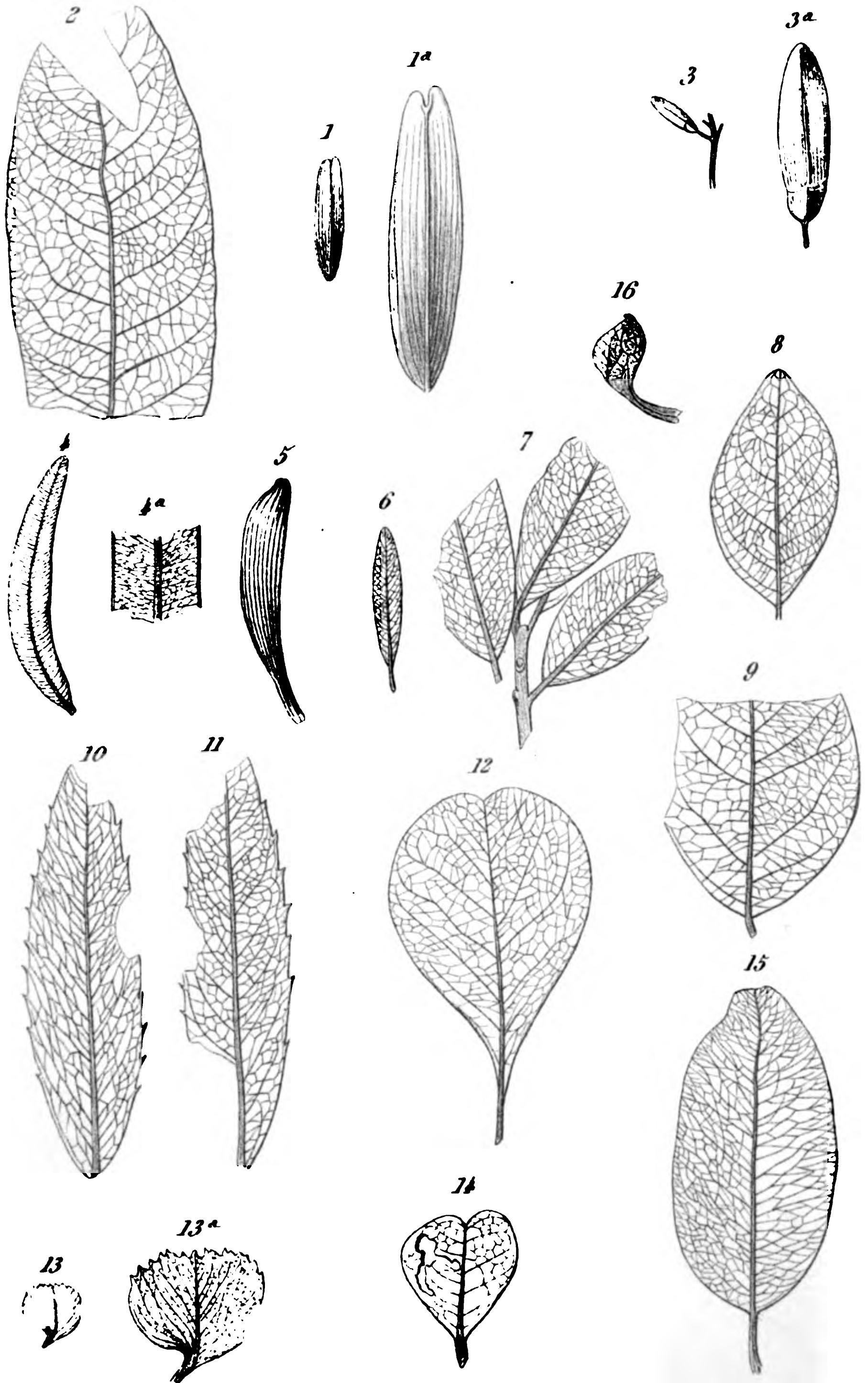

8



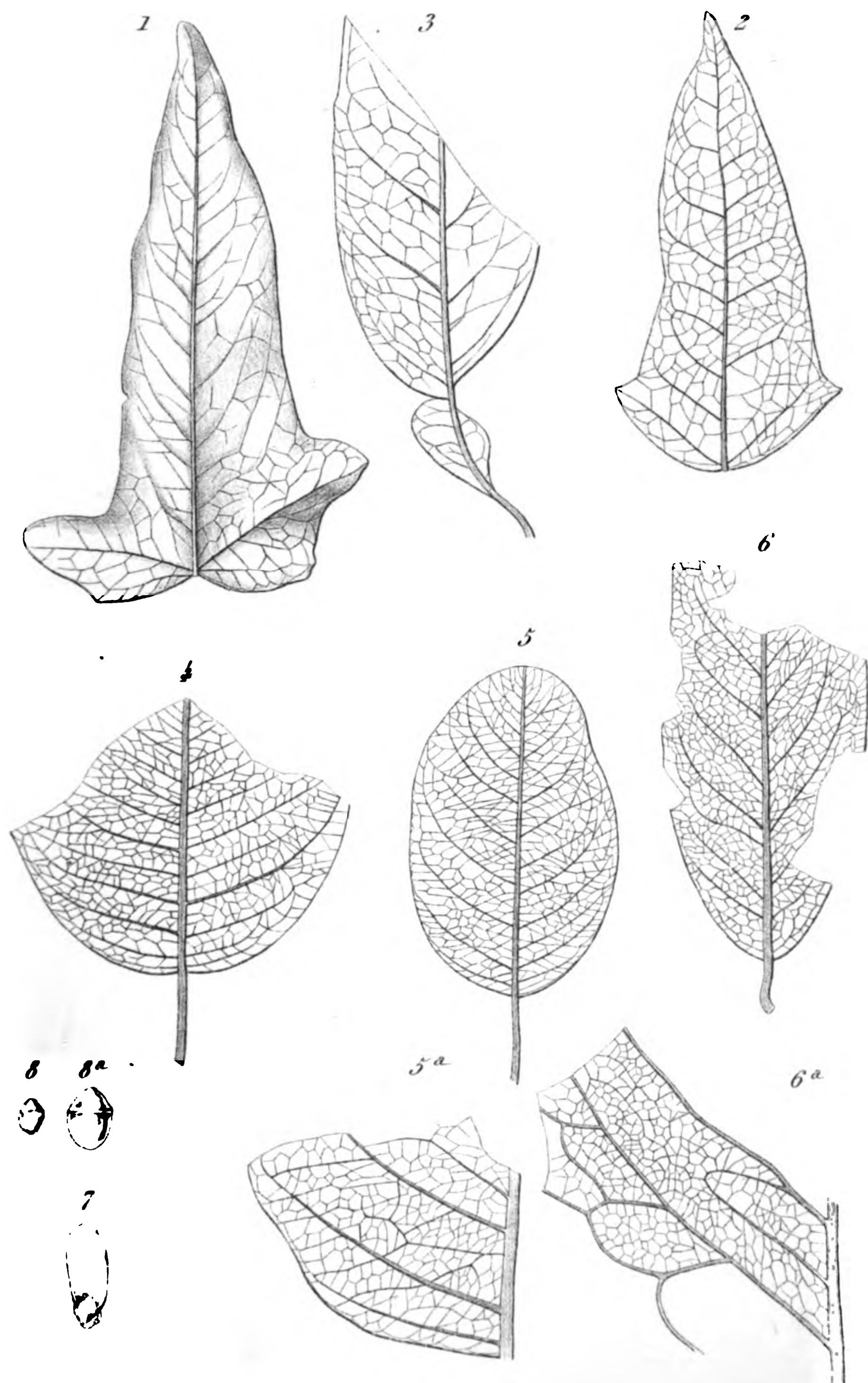
de Saporta del.

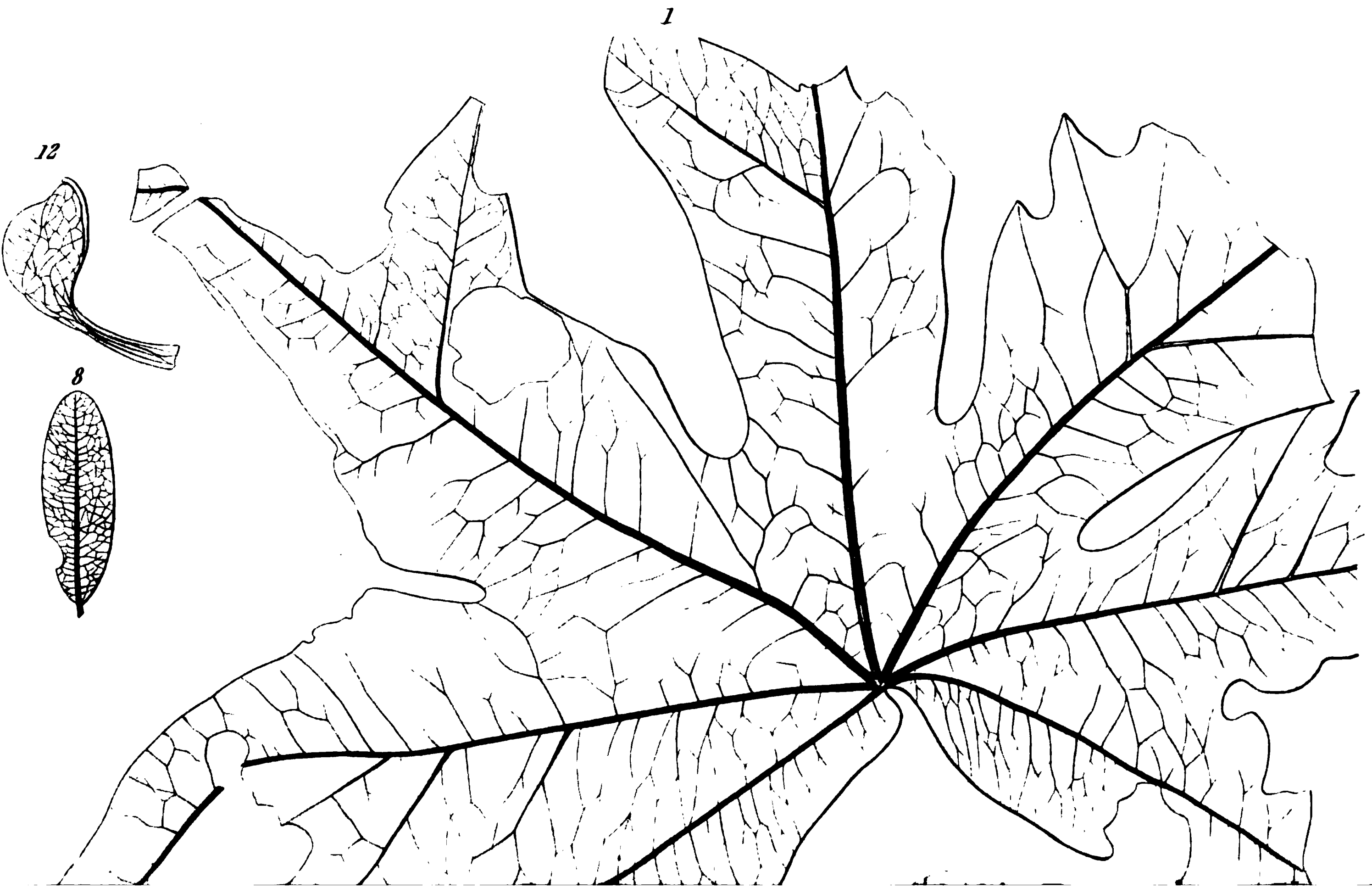

1
2
3
3a
4
5
6
7
7a
8
8a
9
10


1
2
3
4
5
6
7
7a
8
8a
9
9a
10
10a
11
12
13
14
15
15a
16
16a
17
17a
18
18a
19
19a

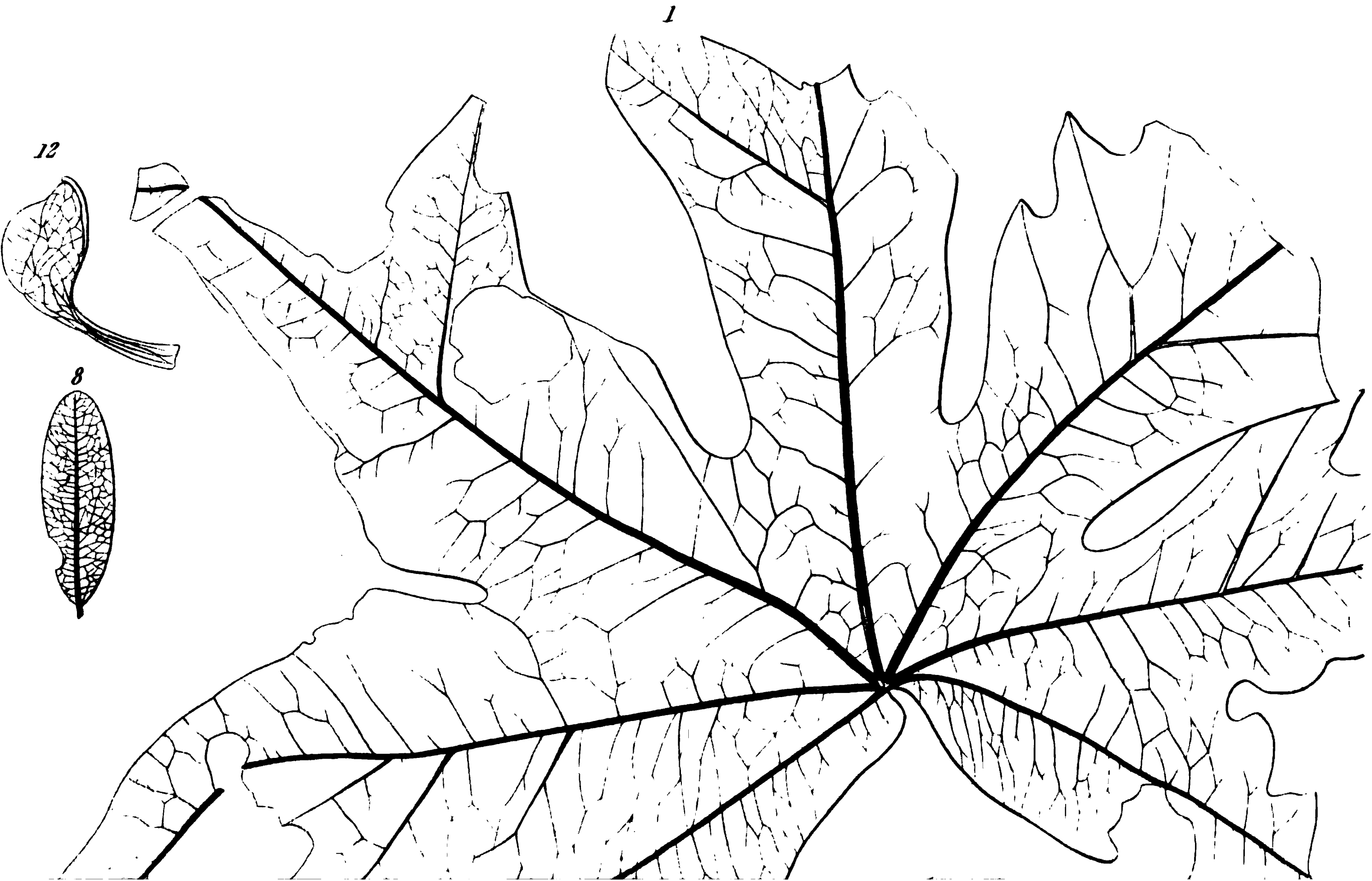


G. de Saporta del. Dufour sc.


1
3
2
6
5
4
8
8a
5a
6a
7

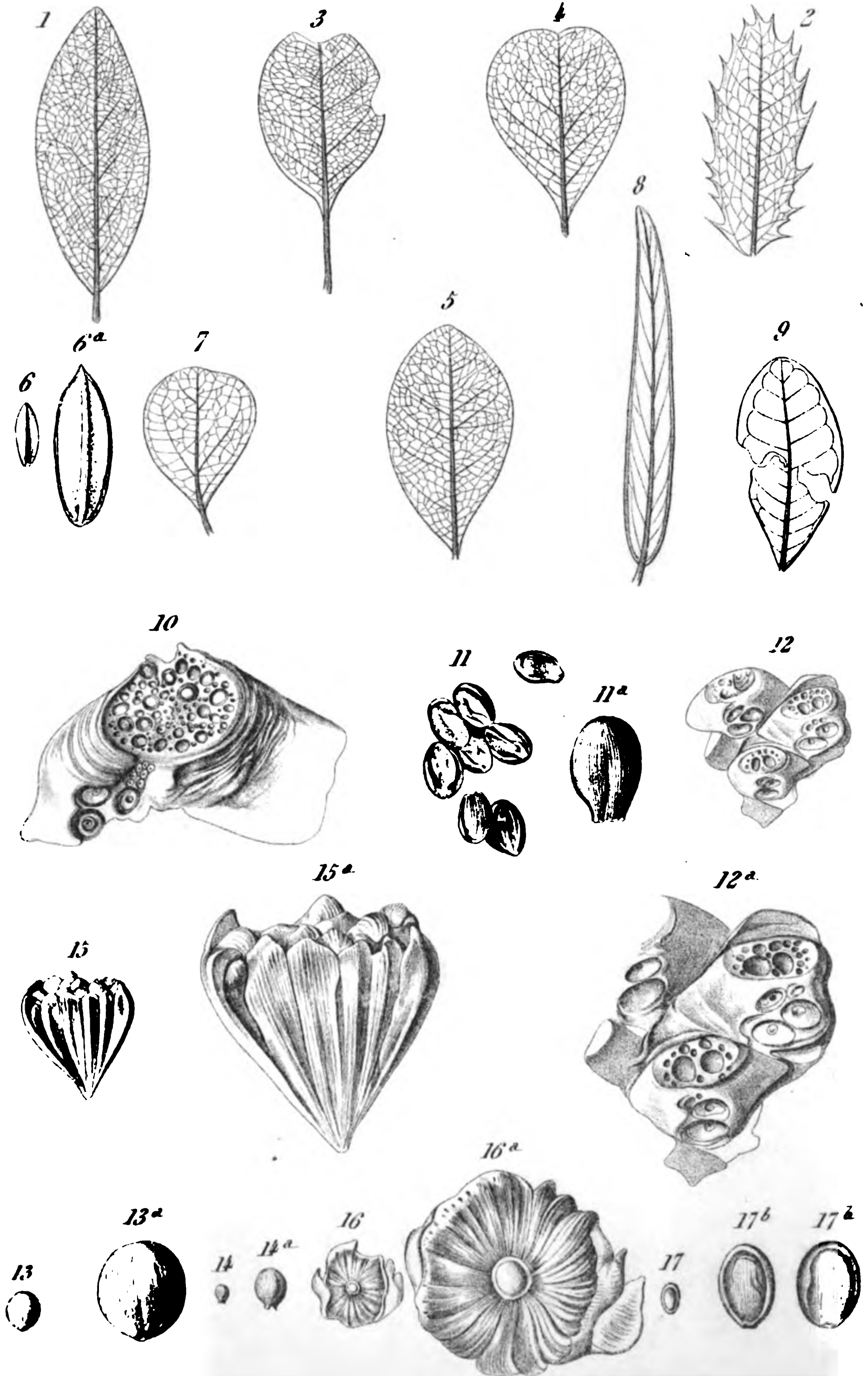

1
12
8

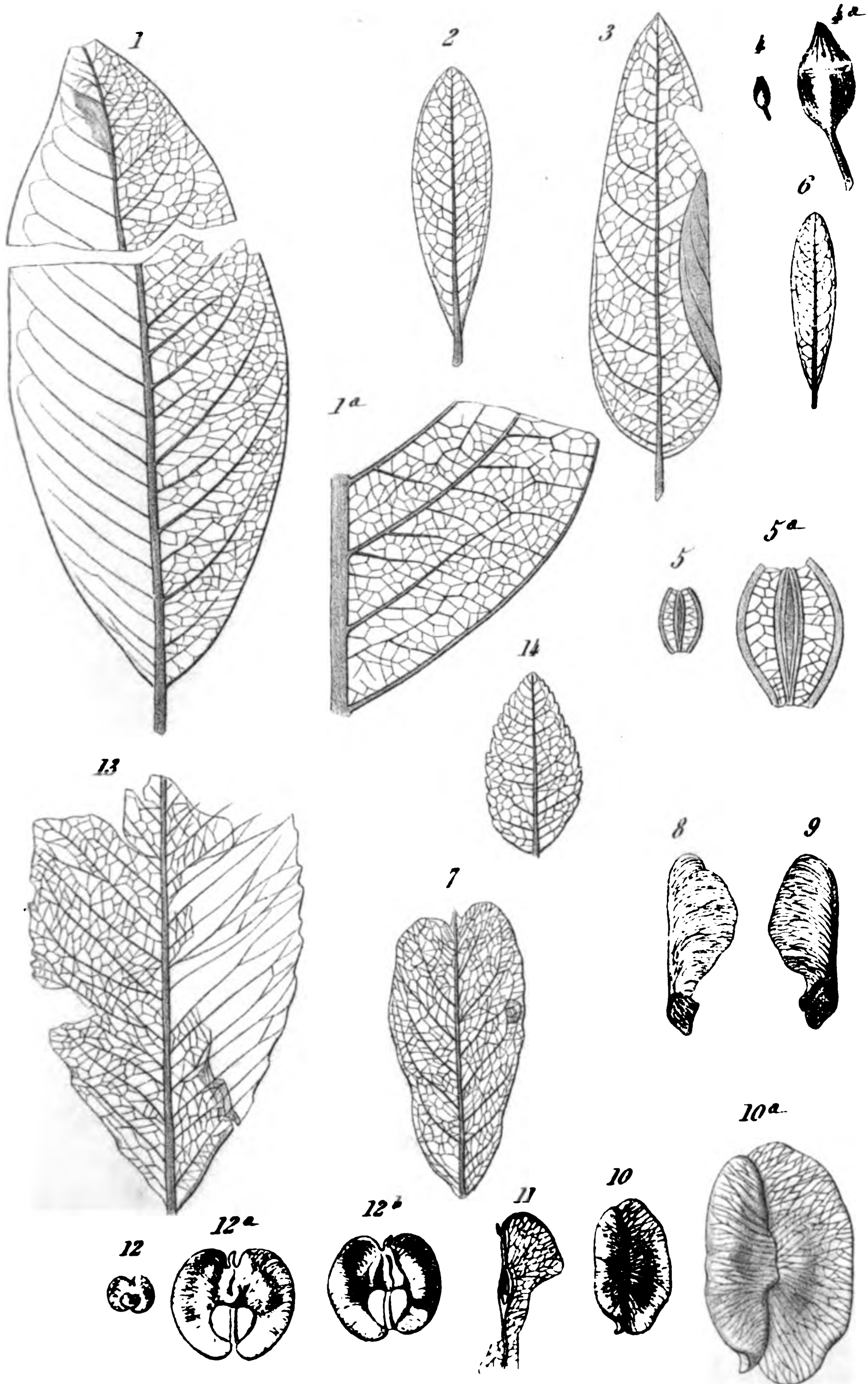

2
3
5
6
6a
7
7a
9
10
11
Dufour sc.

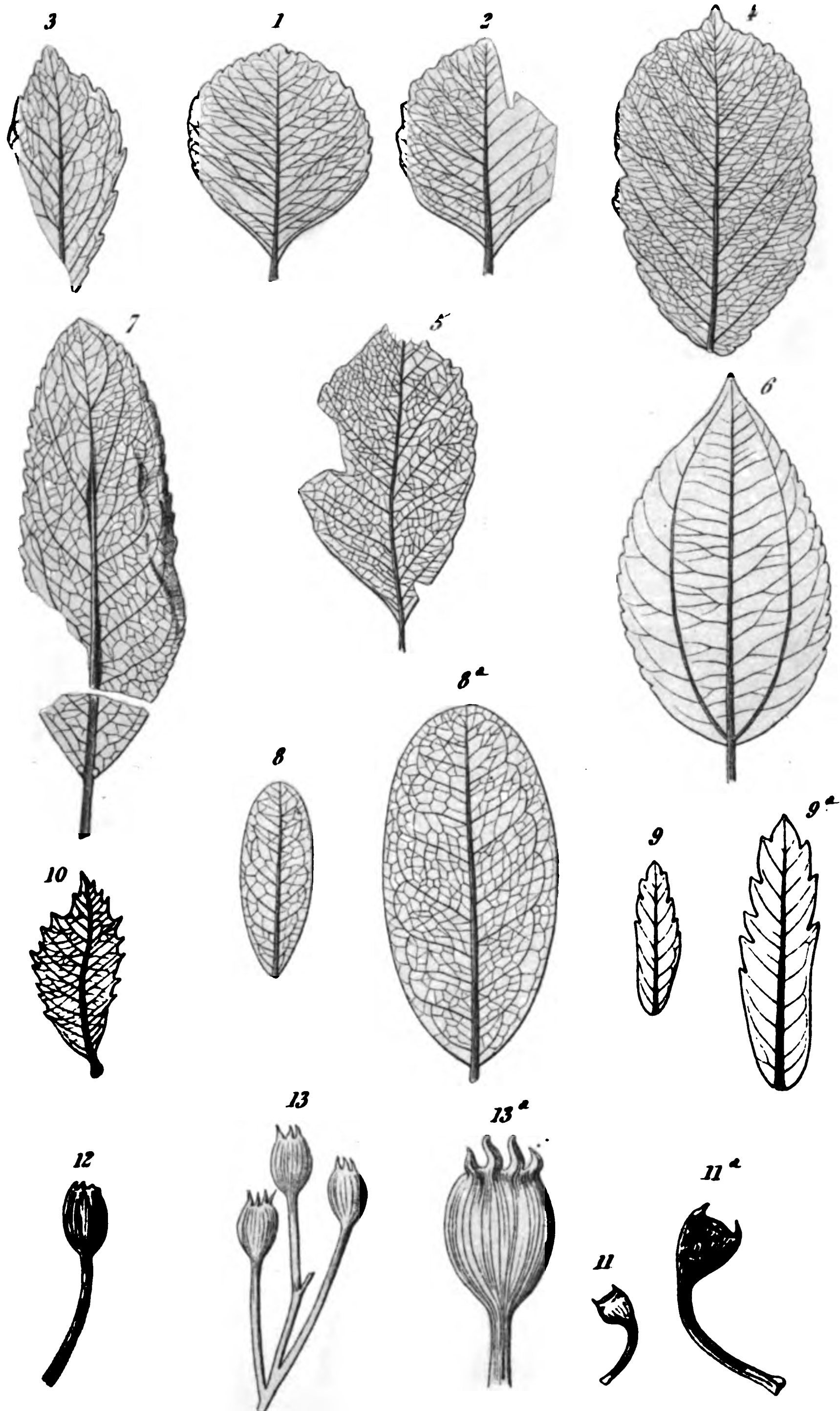

1
12
8



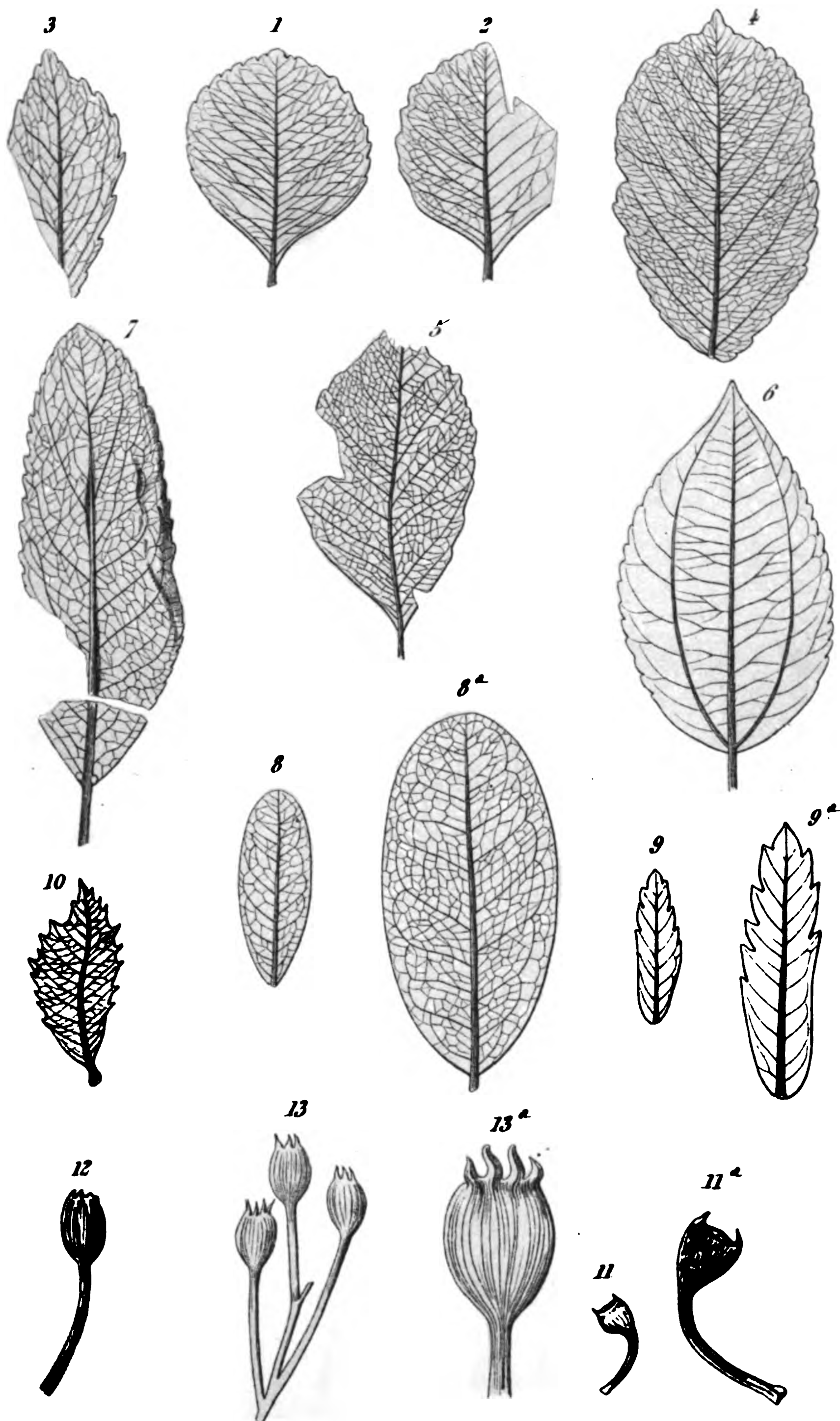
Dufour sc.


1
3
4
2
8
5
6a
7
6
9
10
11
12
11a
15a
12a
15
16a
13a
16
17b
17b
13
14
14a
17

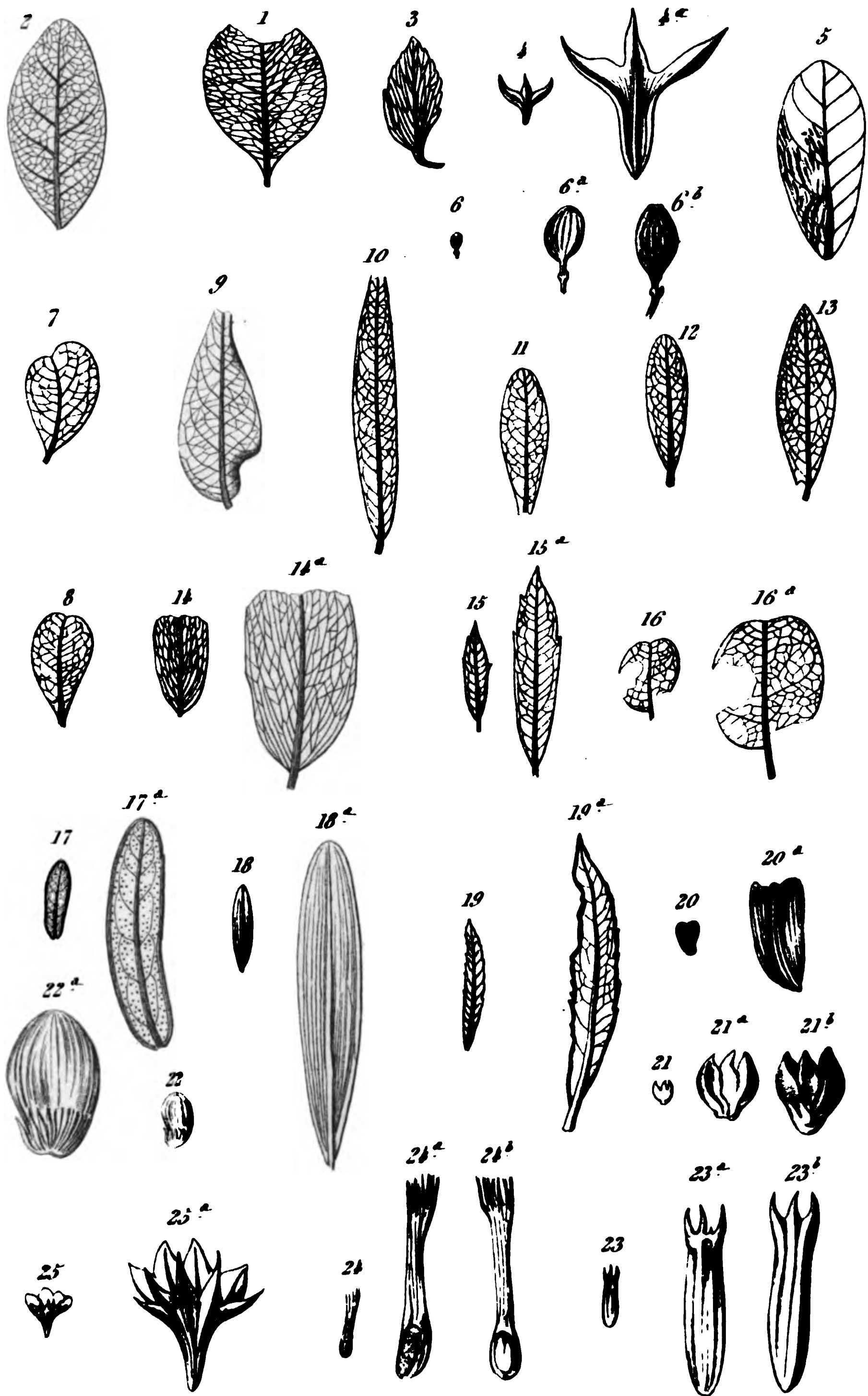

1
2
3
4
4a
6
1a
5
5a
14
13
8
9
7
10a
12
12a
12b
11
10



G. de Saporta del. Dufour sc.

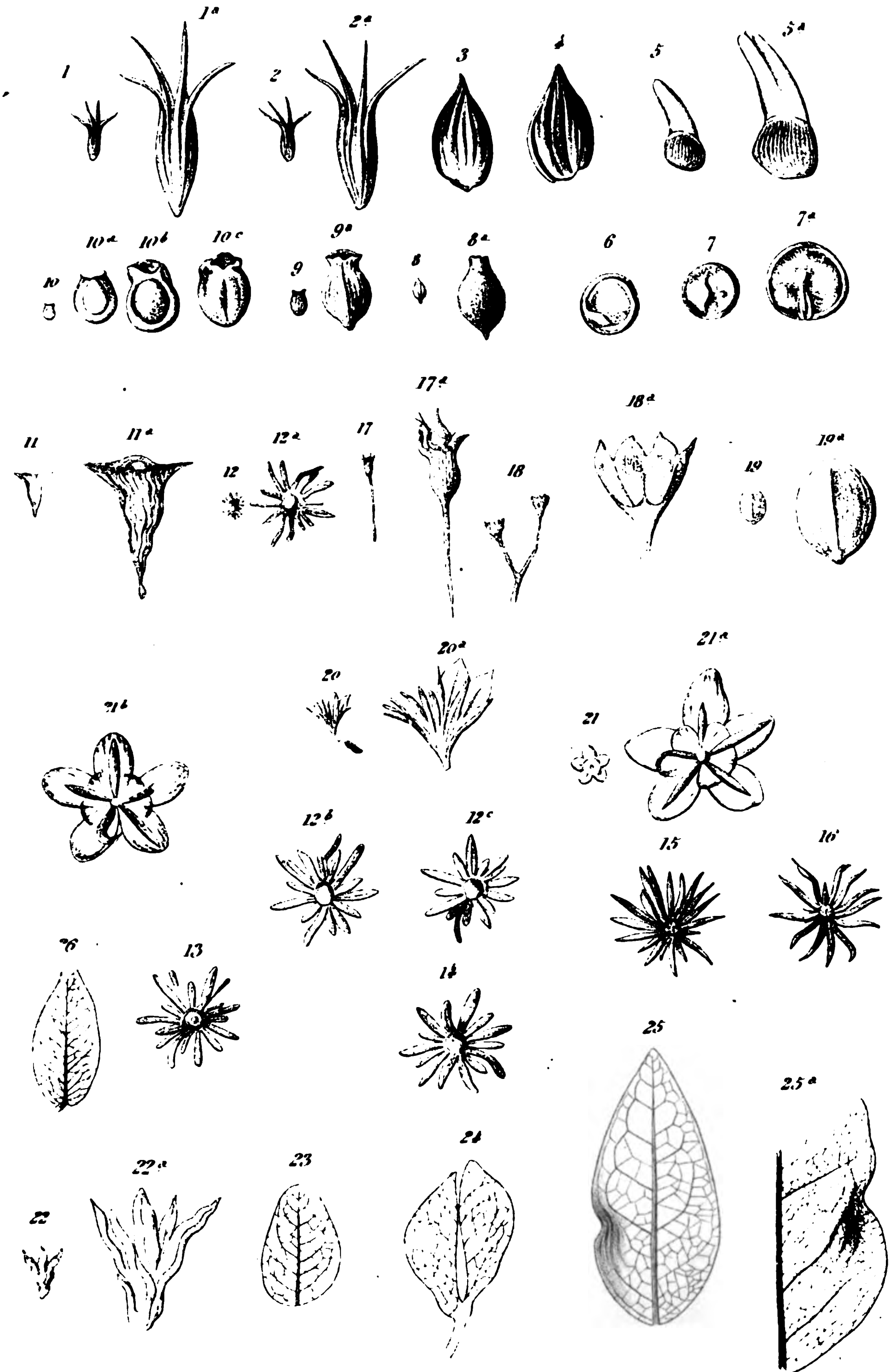


G. de Saporta del. Dufour sc.

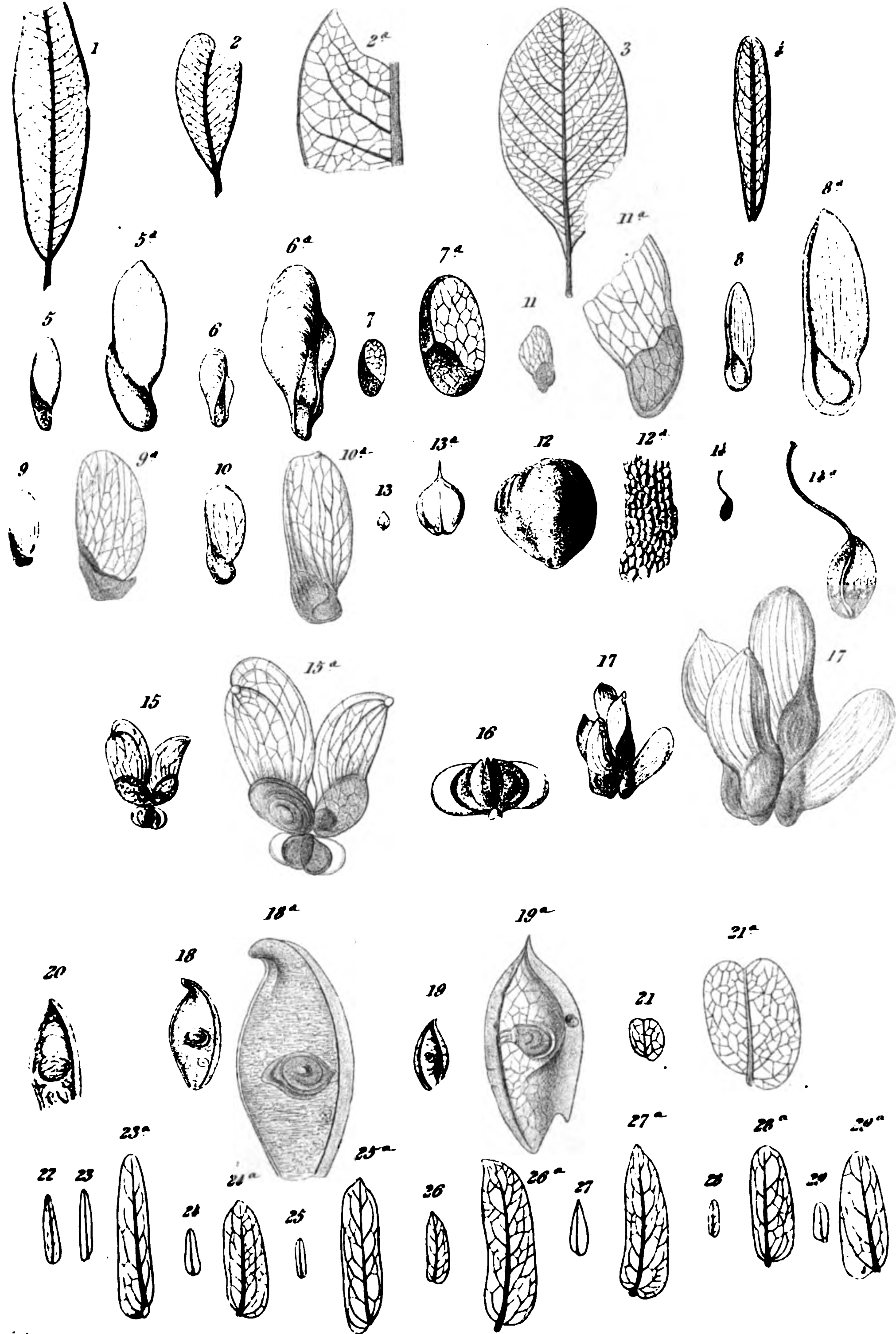


G. de Saporta ad.

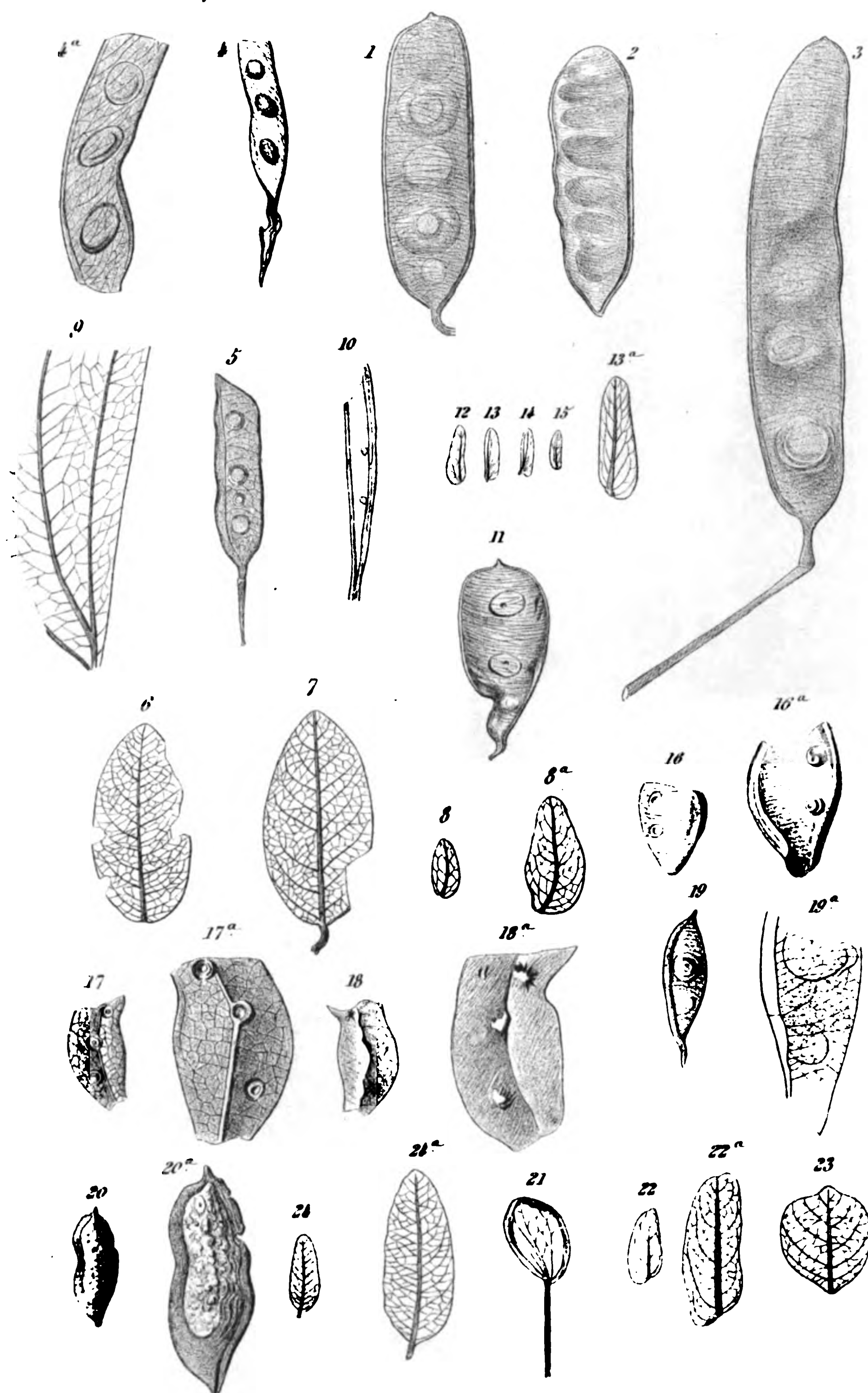
Dufour sc.


1
1a
2
2a
3
4
5
5a
10
10a
10b
10c
9
9a
8
8a
6
7
7a
11
11a
12
12a
17
17a
18
18a
19
19a
20
20a
21
21a
21b
12b
12c
15
16
16
13
14
25
25a
22
22a
23
24

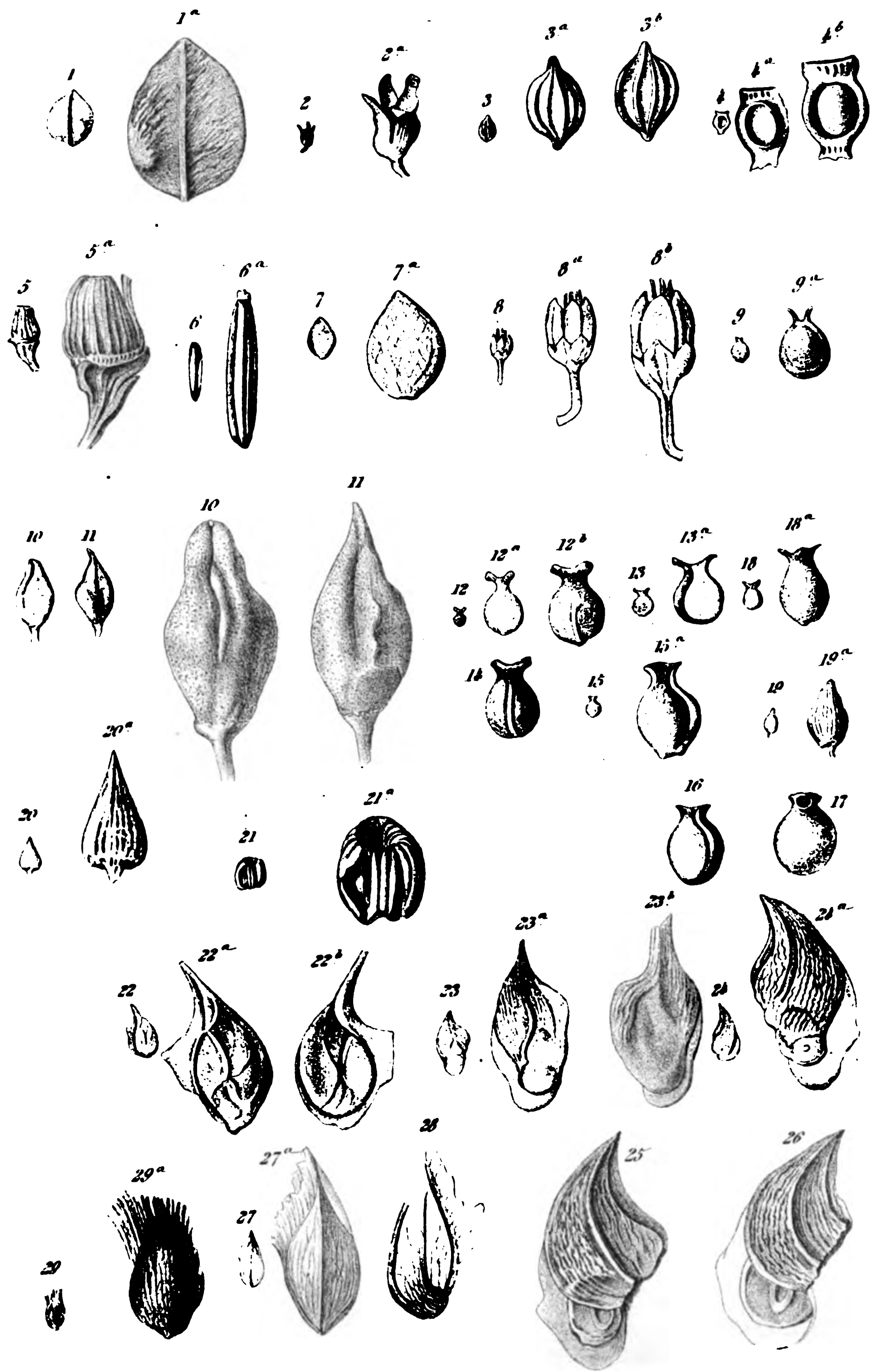
Dufour sc.



G. de Saporta del.



G. de Saporta del.



G. de Saporta del.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DU

LIBER DES ANGIOSPERMES

Par Henri LECOMTE

Agrégé des Sciences naturelles, Professeur au lycée Saint-Louis.

HISTORIQUE

Les anciens botanistes désignaient sous le nom de *liber* l'ensemble des fibres péricycliques et libériennes souvent disposées par couches alternant avec du parenchyme; elles peuvent se détacher les unes des autres comme les feuillets d'un livre, suivant des lignes de moindre résistance constituées par du parenchyme (d'où le nom de ce tissu, de *liber*, livre). Le parenchyme, aperçu par Malpighi, fut distingué de ces fibres, mais on l'assimilait au parenchyme de l'écorce primaire (c'est le parenchyme médullaire de Dutrochet).

L'attention des botanistes ne fut sérieusement attirée sur ce tissu qu'après la découverte, par M. Th. Hartig (1), des tubes à cloisons criblées.

Depuis cette époque ont été successivement publiés, surtout en Allemagne, un certain nombre de travaux intéressant le liber. Mais nous devons avouer que notre bibliographie française est des plus pauvres à ce point de vue. Ce n'est pas à dire que ce tissu soit resté inaperçu; on le trouve mentionné dans tous les travaux d'anatomie, mais aucun auteur n'a jugé à propos d'étudier spécialement son développement

(1) Th. Hartig, *Vergleich. Untersuch. ü. d. Organisation des Stammes d. einh. Waldbäume* (*Jahresbericht*, 1837, p. 125). — *Vollst. Naturgesch. d. f. Culturpfl.*, Berlin, 1851. — *Bot. Zeitung*, 1853, p. 571. — *Id.*, 1854, p. 51.

et de rechercher son rôle. Ce dernier point se trouve même à peu près complètement sacrifié dans les ouvrages classiques. Le liber est universellement cité comme jouant un rôle des plus importants au point de vue du transport des substances élaborées, mais cette manière de voir est acceptée sans examen et sans preuves.

Dans cet exposé historique, il ne nous sera pas possible de citer tous les travaux dans lesquels on trouve des renseignements sur l'anatomie ou la distribution du liber : il faudrait signaler la plupart des travaux entrepris sur l'anatomie des plantes vasculaires. Il ne nous paraît utile de parler ici que des auteurs ayant spécialement étudié ce tissu.

Après que Th. Hartig eut découvert les tubes à cloisons criblées, H. Mohl (1) publia quelques observations sur le liber et donna le nom de *cellules grillagées* (*gitterzellen*) aux éléments pourvus de cloisons criblées ; mais déjà peu de temps auparavant les mêmes éléments avaient été signalés par Moldenhawer.

Les cellules grillagées du *Cucurbita* furent ensuite étudiées par Nægeli et Hanstein, mais rien d'essentiel ne fut ajouté aux connaissances déjà acquises.

Nægeli (2) observa la présence du cal sur les cloisons criblées et l'assimila à une sécrétion; Hanstein (3) établit une comparaison entre les cellules grillagées et les cellules laticifères. Ce rapprochement, qui pouvait paraître vraisemblable au moment où Hanstein publia ses travaux, n'est plus explicable maintenant qu'on possède des connaissances plus précises sur les éléments du liber et sur les cellules laticifères.

Enfin, pour en finir avec ces travaux préliminaires sur le tissu qui nous occupe, mentionnons encore une note de Th. Hartig (4), dans laquelle l'auteur émet cette opinion que

(1) M. Mohl, *Einige Andeutg.* (*Bot. Zeitung*, 1855, p. 865).

(2) Nægeli, *Ueber d. Siebröhren* (*Sitz. geb. der Münnchener Acad.*, février 1861).

(3) Hanstein, *Die Milchsaftgefässe*, etc., Berlin, 1864.

(4) Hartig, *Bot. Zeitung*, 1863, p. 287.

les éléments du liber sont déjà capables de conduire les principes élaborés, alors qu'ils sont encore à l'état cambial.

Les travaux que nous venons d'énumérer n'étaient pour la plupart que de courtes notes; aucun ne pouvait être considéré comme un travail d'ensemble. Le liber était reconnu, distingué; on en avait remarqué les éléments caractéristiques, mais rien ne venait éclairer l'histoire du développement des tubes criblés, la perforation des cribles, la nature du cal, la composition chimique des contenus et le rôle propre du liber.

Avec les belles recherches du Dr Karl Wilhelm (1) sur le liber des *Cucurbita* et de quelques autres plantes commence une nouvelle phase de l'histoire de ce tissu.

L'étude approfondie de quelques plantes à liber bien développé (*Cucurbita*, *Lagenaria* et *Vitis vinifera*) a permis à M. Wilhelm de décrire d'une façon exacte les rapports, le développement et la nature intime des éléments constituants du liber. Peu de faits importants ont échappé à la sagacité de cet observateur, et nous pouvons résumer, dans les propositions suivantes, les principaux résultats de son travail (pour ce qui concerne les plantes étudiées) :

1° Les cellules mères des tubes criblés se divisent d'abord longitudinalement pour donner deux éléments nouveaux, dont l'un deviendra le tube criblé et l'autre une cellule-compagne (*geleitzelle*) ;

2° Les cellules-compagnes sont toujours moins grandes que les tubes criblés qu'elles accompagnent, et leur contenu, fortement granuleux, possède toujours un noyau volumineux;

3° Le cal, dont le développement est d'ailleurs très variable avec les plantes considérées, ne peut être regardé comme un produit de différenciation de la cellulose constituant la cloison criblée ;

4° Les plages criblées (Vigne) se comportent exactement comme les cribles simples (Courge);

(1) Dr Karl Wilhelm, *Beiträge zur Kenntniss des Siebröhrenapparates Dicotylerpflanzen*, Leipzig, 1880.

5° Le cal doit être considéré comme une substance de réserve; la manière dont il se comporte sous l'action des réactifs colorants l'éloigne de toutes les substances connues qui proviennent de la différenciation de la cellulose.

Pour ce qui concerne le contenu des tubes criblés, M. Wilhelm n'a pas ajouté grand'chose aux faits connus avant lui et bien décrits pour la première fois par de Bary (1). Ce dernier observateur a le mérite d'avoir fixé son attention sur le contenu des tubes et montré qu'il se compose partout d'une couche de protoplasme pariétal granuleux enveloppant un liquide interne plus ou moins épais suivant la quantité de substances albuminoïdes dont il est chargé.

Les faits ajoutés par M. Wilhelm à ceux qui avaient été publiés par de Bary ne concernent guère que les apparences diverses que présente ce contenu dans les matériaux traités par l'alcool.

Nous aurons dans le cours de ce travail l'occasion de montrer que ces diverses apparences ne sont que le résultat de l'action de l'alcool ou de la dessiccation, et qu'il n'y a pas lieu d'y attacher une trop grande importance. Cependant nous devons reconnaître en passant que M. Wilhelm a eu l'occasion d'étudier quelques matériaux frais et que cette étude lui a fourni des indications précieuses, mais malheureusement trop peu nombreuses, sur le développement des tubes criblés et sur les modifications que subit leur contenu avant le début de la période d'activité.

L'étude du rôle physiologique du liber a été à peine abordée par M. Wilhelm. Cet observateur admet le fait du transport des substances élaborées par les tubes criblés, sans apporter aucune preuve nouvelle de ce transport et sans en préciser le sens.

Comme on peut le voir par l'exposé qui précède, bien des faits restaient encore à acquérir après le travail de M. Wil-

(1) De Bary, *Vergleichende Anatomie der Phanerogamen und Farne*, 1877, p. 189, 190.

helm. L'étude physiologique du liber, à peine ébauchée, devait être poursuivie; il fallait étudier plus longuement les variations que subissent les éléments caractéristiques du liber avec l'âge et avec les saisons; enfin il était utile d'entreprendre l'anatomie comparée du liber dans les différents groupes de plantes vasculaires. Cette dernière étude avait déjà été abordée dans de précédents travaux par M. Dippel (1), de Bary (2) et M. Russow (3), mais elle était loin d'être complète (4).

Ces deux derniers points ont été l'objet d'un travail consciencieux de M. Ed. de Janczewski (5), et nous pouvons résumer de la façon suivante les principaux résultats acquis à la science après le travail de ce botaniste.

M. de Janczewski a étudié le liber dans un grand nombre de plantes appartenant à la série des plantes vasculaires. Pour ce qui concerne les Monocotylédones, il constate tout d'abord que les cellules procambiales ne se convertissent pas directement en tubes criblés, comme c'est le cas pour les Gymnospermes; mais elles se divisent dans le sens longitudinal en deux cellules inégales, dont la plus grande va devenir immédiatement un tube criblé sans subir de cloisonnement ultérieur, tandis que l'autre, beaucoup plus étroite, se cloisonne en travers et engendre toute une série de cellules cambiformes.

M. de Janczewski admet que le protoplasme des tubes perce la substance calleuse de part en part; il ne croit pas

(1) Dippel, *Bericht der 39. Naturforscherversammlung zu Giessen*, 1864. — *Mikroskop*, II. *Theil*.

(2) De Bary, *Vergleichende Anatomie der Phanerogamen und Farne*, 1877.

(3) Russow, *Vergleichende Untersuchungen über Leitbündel-Kryptogamen*, 1872, p. 118.

(4) Pour être complet, nous devrions encore mentionner ici les nombreux travaux dans lesquels on trouve des renseignements sur des points de détail de l'anatomie comparée du liber. Mais cette nomenclature nous entraînerait trop loin.

(5) Ed. de Janczewski, *Études comparées sur les tubes cribreux*, dans les *Mémoires de la Société des sciences naturelles et math. de Cherbourg*, t. XXIII, p. 209 et suiv., 1882, et *Ann. sc. nat.*, 6e série, t. XIV, 1882. — *Sur la structure des tubes cribreux* (*Comptes rendus*, 1878, 22 juillet).

que cette perforation puisse s'établir tout d'abord par la dissolution du cal, mais beaucoup plutôt par une sorte de condensation.

Comparant les tubes des Monocotylédones aux tubes des Gymnospermes, il trouve des différences très remarquables dans les phases par lesquelles ils passent successivement. Tandis que les tubes des Gymnospermes sont absolument inertes et passifs à partir du moment où leurs cribles se sont ouverts, ceux des Monocotylédones entrent seulement dans la phase active à ce même moment, contiennent une couche continue de protoplasme pariétal, subissent l'influence des saisons de l'année et ne passent à l'état passif que quand l'organe touche lui-même à sa fin.

Il est utile de remarquer en passant que M. de Janczewski admet l'activité des tubes criblés des Gymnospermes sans perforation des cribles, tandis qu'il refuse cette propriété aux tubes des Monocotylédones dans des conditions identiques. Il pose en principe, sans explications suffisantes d'ailleurs, que le début de l'activité des tubes coïncide avec la perforation des cribles, chez les Monocotylédones et les Dicotylédones; nous aurons l'occasion de montrer plus loin qu'en réalité la période d'activité peut commencer avant la perforation des cribles. Mais nous avons tenu à mettre en évidence ici même ces deux interprétations différentes d'un même auteur et contenues dans le même travail. Nous ne ferons aucune difficulté pour reconnaître aussi que nous comprenons difficilement que M. de Janczewski puisse attribuer cette différence non pas au fait que *la tige des Monocotylédones est privée d'accroissement en diamètre, mais à la place occupée par les Monocotylédones et les Gymnospermes dans le règne végétal* (1).

En résumé, M. de Janczewski admet trois périodes (2) successives dans l'existence des tubes criblés : 1° la *période*

(1) Janczewski, *loc. cit.*, p. 126.

(2) Bien que M. de Janczewski emploie le mot *époque*, nous aimons mieux lui substituer *période* qui nous paraît rendre plus exactement sa pensée.

évolutive, pendant laquelle le tube se développe et forme son crible; 2° la *période active*, pendant laquelle il remplit sa fonction; et 3° enfin la *période passive*, qui est momentanée, devance la mort de l'organe et se trouve caractérisée par l'absence de toutes traces de protoplasme à l'intérieur des tubes.

Abordant l'étude du liber des Dicotylédones, M. de Janczewski trouve que les premières phases du développement sont analogues à celles qu'il a décrites chez les Monocotylédones, et qu'il se forme des cellules-compagnes de la même façon.

« La membrane du crible futur se couvre de mamelons calleux, symétriques sur les deux faces. Ces mamelons se gonflent ensuite et se soudent en un callus, à l'intérieur duquel on retrouve la membrane primaire sous forme d'un réseau délicat constitué par de la cellulose. Bientôt après, le protoplasme touchant au callus vient la percer dans les points qui correspondent au centre des mailles du réseau cellulosique intérieur, de manière à communiquer avec le protoplasme de l'élément voisin. »

L'existence des tubes des Dicotylédones comprend encore trois phases successives un peu différentes de celles que présentent les Monocotylédones. La période active débute au moment de la perforation des cribles, mais elle n'a pas besoin de durer aussi longtemps que chez beaucoup de Monocotylédones, car, les éléments du liber se renouvelant constamment par suite de l'activité du cambium, il en résulte que les tubes oblitérés sont remplacés par des tubes nouveaux.

La période transitoire, la plus courte, comprend le temps pendant lequel les tubes perdent peu à peu leur substance organisée et obstruent leurs cribles par le développement d'un callus destiné à se dissoudre pour ne plus laisser que la membrane cellulosique.

Enfin, pendant la période passive, les tubes ne contiennent plus aucune substance organisée, mais seulement un liquide aqueux. Dès lors, les tubes ne peuvent plus servir qu'à la circulation de l'eau d'un élément à l'autre, à travers les cribles

dépourvus de tout revêtement calleux et, par suite, ouverts à tout jamais.

On remarquera que M. de Janczewski a supprimé, pour les Dicotylédones, la période évolutive dont il avait admis l'existence chez les Monocotylédones. Cette phase préparatoire n'en existe pas moins, et nous ne voyons aucune raison pouvant expliquer la suppression qu'a faite l'auteur. Il aurait pu, par contre, se dispenser de créer une période transitoire qui rentre en partie dans la période active et en partie encore dans la période passive, comme nous aurons l'occasion de le montrer.

D'autres faits d'une réelle importance ont été mis en lumière par M. de Janczewski. Il a reconnu, par exemple, qu'au point de vue de la durée, les tubes criblés se comportent de deux façons bien distinctes : les tubes de la Vigne, du Poirier, des *Populus macrophylla*, *Juglans regia*, *Tecoma radicans*, etc., subissent l'influence des saisons de l'année et se ferment par un cal, en automne, pour s'ouvrir de nouveau et redevenir actifs au printemps suivant. Ceux des *Aristolochia Sipho*, *Tilia parvifolia*, *Fagus sylvatica*, *Rosa canina*, etc., sont, dans la succession de leurs différentes phases, absolument indépendants des saisons de l'année; ils ne présentent qu'une seule période transitoire, apparaissant aussi bien en été qu'en hiver et précédant toujours la cessation définitive de l'activité des tubes. En un mot, ces derniers tubes sont tributaires de l'âge et indépendants des saisons.

Ce travail de M. de Janczewski a été suivi de très près par la publication d'un mémoire dû à un autre botaniste, M. Russow (1), qui s'occupait, depuis plusieurs années déjà, de toutes les questions intéressant le liber.

(1) Russow, *Sur la structure et le développement des tubes cribreux*, dans les *Sitzungberichte der Dorpater Naturforscher Gesellschaft*, 17 février 1882. Traduction parue dans les *Annales des sciences naturelles*, 6ᵉ série, t. XIV, 1882. Ce travail avait été précédé par : Russow, *Vergleichende Untersuchungen über Leitbündel-Kryptogamen*, 1872, et deux notes parues dans les *Sitzungsberichte* du 19 mars et du 23 avril 1881.

Pour ce qui concerne les tubes des Monocotylédones, les résultats de M. Russow ne paraissent pas sensiblement différents de ceux de M. de Janczewski, mais il n'en est pas de même pour les Dicotylédones, et nous allons signaler ici les principales divergences qui existent entre les deux auteurs, en y ajoutant les faits nouveaux contenus dans le mémoire de M. Russow.

L'auteur, qui a étudié le liber chez un assez grand nombre de plantes, signale d'abord les espèces nouvelles où il a reconnu des tubes criblés appartenant au type de la Vigne, puis un certain nombre d'autres chez lesquelles les cloisons criblées sont à peu près transversales et à un seul crible.

Grâce à l'action combinée du bleu d'aniline et d'une solution d'iodure de potassium iodé, il a pu apercevoir, dans le cal, des stries qui n'avaient été remarquées, ni par M. Wilhelm, ni par M. de Janczewski.

Comme ce dernier, il admet sans difficulté que les bouchons calleux des Gymnospermes ne sont jamais traversés par des filets gélatineux, et il ajoute : « Cependant il serait absurde d'admettre qu'il n'y a pas ici passage du contenu d'une cellule à l'autre à travers le crible, parce que ses pores sont bouchés par le cal. »

Après cette nouvelle affirmation, il n'est plus guère admissible, comme on le voit, de placer le début de la période d'activité des tubes, chez les Dicotylédones, au moment de la perforation des cribles, puisque cette activité se manifeste chez les Gymnospermes alors que les cribles ne sont jamais ouverts.

Une question importante, laissée indécise par M. Wilhelm et par M. de Janczewski, a été résolue par M. Russow, au moins pour les tubes de la Courge. Il a pu voir, en effet, les granulations protoplasmiques s'engager dans les ponctuations des cribles et passer d'un tube dans l'autre; ses devanciers n'avaient vu que le liquide gélatineux prendre part à cette communication.

La divergence entre M. Russow et les auteurs précédem-

ment cités se prononce surtout pour ce qui concerne l'établissement des ponctuations des cribles et le développement du cal. MM. Wilhelm et de Janczewski admettent que la membrane, d'abord uniquement constituée par de la cellulose et d'épaisseur uniforme, se transforme, en certains points, en substance calleuse; que cette dernière substance forme de chaque côté de la membrane, en des points symétriques, des mamelons arrondis qui finissent par se rejoindre d'un côté à l'autre. Pour M. Russow, au contraire, « la portion de la membrane qui doit plus tard se transformer en un crible est déjà ponctuée avant l'apparition du cal. La substance calleuse se dépose dans ces petites dépressions, mais non par transformation de la cellulose, comme M. Wilhelm l'a affirmé avec quelques réserves et M. de Janczewski avec une entière certitude ». M. Russow pense que la substance calleuse se sépare de la substance qui remplit le tube, et qu'elle se dépose dans les petites dépressions de la cloison destinée à devenir un crible sous la forme de petites écuelles creuses et non sous la forme de mamelons. Nous aurons l'occasion de montrer, dans le cours de ce travail, que ces opinions divergentes sont toutes deux trop exclusives, et qu'elles ne sont entièrement confirmées ni l'une ni l'autre par les faits que nous avons observés.

Les botanistes, dont nous avons résumé les travaux sur le liber dans les pages précédentes, ayant presque généralement étudié des matériaux secs ou traités par l'alcool, avaient été conduits à signaler, à propos du contenu des tubes criblés, des masses gélatineuses, agglomérées aux extrémités des tubes sur les faces des cribles et en plus grande quantité d'un côté que de l'autre. Nægeli avait observé ce fait l'un des premiers et n'avait pas manqué d'en tirer cette conclusion, que les cribles constituant des obstacles naturels à la circulation des substances élaborées, celles-ci devaient s'accumuler en deçà des cribles plutôt qu'au delà, et que, par conséquent, la situation des amas les plus volumineux était une indication précieuse pour fixer le sens même du transport.

Malheureusement, un mémoire de M. Alfred Fischer (1), paru dans ces dernières années, est venu montrer que ces amas manquent toujours dans les tubes des matériaux étudiés à l'état frais; mais qu'ils apparaissent, dans un pétiole de Courge, par exemple, aussitôt qu'on pratique une section transversale et qu'on détruit de cette façon la continuité de l'organe. Nous avons longuement étendu ces observations de M. Fischer, et nous nous proposons de montrer, dans le cours de ce travail, que ces amas, sur la description desquels on s'était complaisamment étendu, ne sont que la conséquence du mode opératoire, qu'ils n'existent jamais dans les matériaux frais, et que le traitement par l'alcool modifie profondément la disposition des contenus.

Tout en confirmant un certain nombre des résultats de M. Fischer, nous n'hésitons pas à condamner la manière d'opérer qu'il préconise et qui consiste à faire bouillir une plante entière pendant quelques minutes avant d'y pratiquer des sections. Outre que ce procédé est loin d'être praticable dans tous les cas, il ne laisse pas le contenu complètement intact.

Dans un autre travail paru la même année, M. Alfred Fischer (2) s'est proposé de fixer nos connaissances sur le liber des feuilles et de déterminer le mode de terminaison de ce liber dans les plus fines nervures. Les principaux résultats de ce nouveau travail peuvent être réunis dans les propositions suivantes :

1° Il existe des perforations dans la membrane qui sépare les tubes criblés des cellules-compagnes;

2° Les cellules-compagnes ont un noyau; les tubes criblés en manquent toujours (l'auteur pense qu'il existe une relation entre la présence du noyau et l'élaboration de matières albuminoïdes);

3° Dans les cellules-compagnes existe souvent une substance

(1) Alfred Fischer, *Ueber der Inhalt der Siebröhren in den unverletzten Pflanze* (*Berichte der deutsch. botanisch. Gesellschaft*, Band III, 1885).

(2) Alfred Fischer, *Studien über die Siebröhren der Dicotylenblätter* (*Sept-*

albuminoïde semblable à celle qui remplit les tubes criblés ;

4° L'amidon manque toujours dans les cellules-compagnes, que le mésophylle voisin en soit d'ailleurs pauvre ou riche ;

5° Enfin M. Fischer a trouvé que le diamètre des tubes et des cellules-compagnes diminue avec celui des nervures dans le limbe des feuilles, mais que le diamètre des premiers diminue plus rapidement que celui des secondes, et que, dans la région terminale de ces nervures, les cellules-compagnes sont encore bien nettes, tandis que les tubes criblés sont pour la plupart d'une petitesse extrême et le plus souvent privés de véritables cribles.

Les résultats de M. Fischer ont une importance incontestable ; mais il faut bien avouer qu'ils demandent à être confirmés et étendus par de nouvelles recherches, car l'auteur n'a pu suivre le développement du liber et établir les relations de parenté qui peuvent exister entre les deux sortes d'éléments dont il a reconnu la présence dans les plus fines nervures des feuilles.

A ces travaux entrepris sur l'anatomie du liber il faudrait encore en ajouter quelques autres, comme ceux de MM. Vesque (1), Gérard (2), Hérail (3), Moeller (4), etc., entrepris dans un autre but, mais qui renferment de nombreux faits concernant l'anatomie ou la répartition du tissu qui nous intéresse; et, si nous voulions être complet, il faudrait citer ici tous les travaux entrepris sur l'anatomie des plantes vasculaires.

A la suite de ces recherches, où l'anatomie tient la place principale, il nous faut mentionner un travail entrepris par M. Giovanni Briosi dans le but de fixer nos connaissances sur le contenu des tubes criblés.

Abdr. aus den Berichten der Math.-Phys. Classe Königl. Sächs. Ges. der Wiss., 1885) (avec deux planches).

(1) Vesque, *Anat. de l'écorce* (*Ann. sc. nat.*, 6e série, II, 1875).

(2) Gérard, *Passage de la racine à la tige* (*Ann. sc. nat.*, 6e série, XI, 1880).

(3) J. Hérail, *Recherches sur l'anatomie comparée de la tige des Dicotylédones* (*Ann. des sc. nat.*, 7e série, II, 1885).

(4) Dr Joseph Moeller, *Anatomie der Baumrinden*. Berlin, 1882.

M. Giovanni Briosi (1) a spécialement recherché la présence de l'amidon dans les tubes criblés; sur cent quarante-six plantes étudiées, il en a trouvé cent vingt-neuf avec de l'amidon dans les tubes. Ces grains d'amidon sont toujours beaucoup plus petits que ceux du parenchyme voisin; aussi M. Briosi n'a-t-il pas manqué de voir dans cette exiguïté même de la taille des grains une circonstance favorable à leur passage dans les ponctuations des cribles.

Les expériences directes qu'il a tentées pour mettre en évidence ce passage seront relatées plus loin et nous verrons à ce moment ce qu'il faut penser de cette circulation des grains d'amidon.

Rien de plus uniforme dans la marche et dans les résultats que les recherches entreprises sur le rôle physiologique du liber. Une méthode unique a été suivie par les expérimentateurs, celle des décortications annulaires; les uns pratiquant ces décortications sur des branches d'arbres ont observé la formation des bourrelets sur les lèvres de la plaie; les autres, comme Hanstein, ont pratiqué leurs décortications sur des boutures et porté leur attention sur le lieu d'origine des racines adventives; tous ont observé que la vitalité de l'organe est beaucoup plus grande au-dessus de la décortication qu'au-dessous; que les bourrelets y deviennent plus volumineux et les racines adventives plus nombreuses. Pour tous la conclusion a été la même : le liber conduit les substances nutritives, les principes élaborés, du lieu de formation au lieu d'utilisation, et dans une tige ce courant est habituellement descendant.

Malheureusement ces rechercherches ne supportent pas un examen bien approfondi. Le liber étant confondu avec l'écorce dans la région extérieure au cambium, on ne voit pas si le rôle conducteur peut être dévolu au liber par cette unique raison qu'il présente des éléments allongés en tubes; nulle

(1) Giovanni Briosi, *Ueber allgemeines Vorkommen von Stärke in den Siebröhren* (*Botanische Zeitung*, 16 mai 1873).

part dans ces travaux entrepris sur le rôle du liber on ne trouve des notions rigoureuses sur la nature même des substances contenues dans les tubes criblés; on ne possède aucune observation directe de transport de substance par les éléments du liber. En résumé on a collectionné des constatations extérieures; on n'a jamais fait servir les connaissances acquises sur la structure interne du liber à l'explication même de son rôle.

C'est pour essayer de combler quelques-unes des nombreuses lacunes signalées dans l'exposé qui précède que nous avons entrepris l'étude du liber. Notre travail comprend neuf chapitres distincts, savoir :

Chapitre I. — Principaux éléments du liber; leurs caractères généraux;

Chapitre II. — Les éléments accessoires du liber;

Chapitre III. — Les tubes criblés et les cellules-compagnes;

Chapitre IV. — Développement des parois criblées;

Chapitre V. — Développement, forme, structure et principales réactions du cal;

Chapitre VI. — Le contenu des tubes criblés et des cellules-compagnes;

Chapitre VII. — Transport des matériaux par le liber;

Chapitre VIII. — Modifications apportées dans les tubes criblés par l'âge et les saisons;

Chapitre IX. — Résumé des phases successives par lesquelles passent les tubes criblés;

Conclusions.

CHAPITRE PREMIER

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DU LIBER; LEURS CARACTÈRES GÉNÉRAUX

Le liber est un tissu dont les éléments principaux sont groupés en faisceaux comme ceux du bois et habituellement

allongés suivant l'axe de l'organe auquel ils appartiennent. Son caractère principal est de contenir des cellules allongées en tubes et réunies bout à bout par des cloisons dont la structure spéciale permet le passage du contenu d'un tube à un autre. Le liber peut être d'origine procambiale (*liber primaire*) ou cambiale (*liber secondaire*). Dans l'un et dans l'autre cas nous rencontrerons les mêmes éléments, mais avec des dispositions différentes.

Qu'il soit d'origine primaire ou secondaire, le liber comprend :

1° Des cellules plus ou moins allongées, en forme de tubes parallèles à l'axe du faisceau ; ces tubes, superposés en files longitudinales, sont réunis bout à bout par des cloisons *perméables* (1) de direction transversale ou oblique par rapport à l'axe des tubes. Ces éléments caractéristiques du tissu que nous étudions sont habituellement connus sous le nom de *tubes criblés* (2) ;

2° Des cellules de nature parenchymatique accolées aux tubes criblés et procédant de la même cellule mère par un cloisonnement longitudinal. Cette communauté d'origine

(1) Nous employons à dessein le mot *perméable* au lieu de dire des *cloisons perforées*, car nous aurons l'occasion de montrer dans le cours de ce travail que la complète perforation des cloisons n'est pas nécessaire pour assurer le fonctionnement spécial du liber. Chez les Gymnospermes, la perforation complète n'a même jamais été observée.

(2) Nous avons adopté l'expression de *tubes criblés*, mais nous devons reconnaître qu'il existe à ce sujet une fâcheuse divergence entre les botanistes. MM. de Janczewski (*loc. cit.*), Russow (*loc. cit.*) et Duchartre (*Traité de botanique*) appellent ces éléments des *tubes cribreux ;* M. Van Tieghem (*Traité de botanique*, p. 661) les désigne sous le nom de *tubes criblés ;* nous croyons devoir employer cette dernière appellation, qui a l'avantage de traduire assez fidèlement le mot *Siebröhren* employé par les auteurs allemands et qui, de plus, rappelle la forme de *cribles* sous laquelle se présentent habituellement les cloisons perméables des tubes. La désignation de *cellules grillagées*, employée dans quelques travaux de date assez ancienne, nous paraît devoir être réservée tout au plus à certaines formes très courtes de tubes criblés, comme les cellules criblées qui réunissent deux îlots libériens voisins à travers les cellules de parenchyme ou bien encore à travers les rayons médullaires chez la Vigne, les divers *Rubus*, etc. ; pour l'uniformité de la nomenclature, nous emploierons pour désigner des éléments de cette nature l'expression de *cellules criblées.*

avec les tubes criblés serait déjà une raison suffisante pour les distinguer du vrai parenchyme libérien; cette distinction se trouvera légitimée par les caractères spéciaux que nous leur reconnaîtrons plus loin. On les désigne habituellement sous le nom de *cellules-compagnes* (1);

3° Le *parenchyme libérien* dont les cellules ont presque toujours leur plus grand diamètre dirigé parallèlement à l'axe de l'organe, et qui proviennent de la division transversale répétée des longues cellules accompagnant les tubes criblés;

4° Les *fibres libériennes* formant une zone de protection à la face externe du liber ou interposées entre les îlots libériens secondaires, soit en faisceaux irrégulièrement disséminés dans le liber, soit en couches concentriques alternant avec des couches d'éléments libériens mous.

De ces quatre sortes d'éléments, les tubes criblés sont seuls caractéristiques du liber, et nous réserverons exclusivement le nom de liber aux tissus dans lesquels nous aurons reconnu la présence incontestable de ces éléments.

Le tissu désigné souvent par les botanistes sous le nom de *liber mou* comprend les trois premières formes d'éléments; le *liber dur* est constitué par les fibres libériennes.

Chacune des formes d'éléments que nous venons d'énumérer fera l'objet d'une étude spéciale; il est donc inutile de nous étendre plus longuement ici sur leurs caractères distinctifs. Mais nous nous reprocherions de ne pas nous arrêter sur une question qui, pour être souvent fort délicate à résoudre, n'en présente pas moins une réelle importance au point de vue des descriptions anatomiques. Nous voulons parler des caractères qui permettent de limiter le liber mou sur les sections transversales ou longitudinales des organes.

Rien de plus facile que d'établir cette démarcation quand il s'agit de faisceaux isolés, comme ceux des organes aériens de

(1) Cette dénomination, déjà employée par M. de Janczewski (*loc. cit.*) et utilisée pour la traduction française du principal mémoire de M. Russow (*loc. cit.*), nous paraît traduire plus fidèlement que *cellule-annexe* (M. Van Tieghem) le mot *Geleitzelle* consacré par les auteurs allemands.

beaucoup de Monocotylédones où le liber mou se trouve limité par le bois d'une part et par les fibres formant la gaine mécanique du faisceau d'autre part (ex. *Monstera repens*). Mais, quand le liber mou confine directement au parenchyme, le problème devient souvent des plus difficiles et personne ne nous contredira si nous affirmons que sur une section transversale d'une jeune racine primaire, par exemple, il est souvent fort difficile de dire avec assurance où commence le liber et où il finit.

Cette délimitation n'est rigoureusement possible que dans certains cas particuliers, car le parenchyme libérien ne diffère pas toujours d'une façon appréciable du parenchyme non libérien qui l'entoure, et, au lieu de trouver un passage brusque d'un tissu à l'autre, on rencontre le plus souvent une transition insensible.

Sur la section transversale d'un organe, les caractères suivants permettront souvent de reconnaître le tissu libérien et d'établir les contours de la zone qu'il occupe :

1° Les membranes sont de nature cellulosique; elles sont douées d'une forte réfringence et présentent des reflets bleuâtres ou nacrés que ne possèdent pas les membranes de cellules du parenchyme non libérien;

2° Pour beaucoup d'organes (surtout les pétioles et les nervures des feuilles), le diamètre des éléments libériens est plus faible que celui des cellules parenchymateuses voisines;

3° Quand le liber possède des éléments de grand diamètre (*tubes criblés*), ils sont accompagnés d'éléments beaucoup plus petits (*cellules-compagnes*), de sorte que cette association d'éléments de formes et de dimensions très différentes prête au tissu libérien une irrégularité souvent caractéristique (fig. 1, pl. XXI; fig. 33, pl. XXIII; fig. 53 et 61, pl. XXIV).

4° Les tubes criblés et les cellules-compagnes, étant habituellement très riches en substances albuminoïdes, se colorent plus fortement que les cellules du tissu environnant par le bleu d'aniline et les autres réactifs colorants des substances albuminoïdes;

5° A l'exception du liber de certaines plantes sans chlorophylle (*Orobanche*, *Neottia*, etc.), les méats font habituellement défaut entre les éléments libériens ; ceux-ci se trouvant ainsi serrés les uns contre les autres (1) présentent des contours irréguliers qui contrastent avec la régularité habituelle des cellules appartenant au parenchyme non libérien (fig. 33, pl. XXIII);

6° Ce caractère se présente avec une exagération remarquable chez la plupart des plantes Dicotylédones et surtout chez les plantes ligneuses. On trouve alors que les éléments libériens offrent sur la section transversale d'un organe un aspect collenchymatoïde tout à fait caractéristique. Nous entendons par là que les membranes sont épaissies aux points de réunion de plusieurs éléments (fig. 1, pl. XXI, et fig. 6, pl. XXIV).

Sur la section longitudinale d'un organe, la délimitation du liber est habituellement beaucoup moins délicate que sur une section transversale. C'est qu'en effet, sur une section longitudinale bien faite, même sans recourir à l'action des réactifs colorants, on peut reconnaître les tubes criblés, qui sont les éléments caractéristiques du liber, et limiter par conséquent la zone qu'ils occupent. En section transversale, au contraire, il n'est pas toujours facile de distinguer la section d'un tube criblé de celle de la cellule de parenchyme, surtout quand la section n'intéresse pas en même temps le tube criblé et la petite cellule-compagne.

De plus tous les éléments libériens sont reconnaissables à leur extension longitudinale ; le parenchyme libérien lui-même ne se dérobe pas à ce criterium, car il est habituellement constitué par des cellules disposées en files longitudinales et provenant du sectionnement transversal répété d'une cellule primitive allongée en fibre.

Les désignations de *liber mou* et *liber dur* que nous avons enregistrées plus haut et qu'on trouve employées dans bon nombre de travaux ne nous paraissent pas constituer une divi-

(1) Chez le *Calycanthus floridus*, il existe de grandes lacunes entre le liber et les rayons médullaires (voy. Moeller, *loc. cit.*, p. 365).

sion naturelle des éléments libériens, car les fibres libériennes ne sont qu'une forme spéciale du parenchyme, forme adaptée en vue d'un rôle de protection. Nous proposerions donc volontiers d'adopter la division suivante :

1° Les *éléments essentiels*, comprenant les tubes criblés et les cellules-compagnes. Ces dernières ne peuvent être séparées des tubes criblés, car elles procèdent de la même cellule cambiale et nous verrons par la suite qu'elles paraissent jouer un rôle intimement lié au fonctionnement des tubes criblés ;

2° Les *éléments accessoires*, comprenant le parenchyme libérien et les fibres libériennes. Dans cette deuxième catégorie, on pourra établir la subdivision en éléments mous et éléments durs, mais cette distinction ne paraît pas essentielle.

Dans le chapitre suivant nous nous proposons de passer en revue le plus sommairement possible la disposition, les principales formes et les caractères distinctifs des éléments accessoires pour n'avoir pas à y revenir plus loin.

CHAPITRE II

LES ÉLÉMENTS ACCESSOIRES DU LIBER

A. LE PARENCHYME LIBÉRIEN.

Le parenchyme libérien est constitué par des cellules disposées en files longitudinales parallèlement aux tubes criblés. Ces cellules n'ont aucun rapport de parenté avec les tubes criblés et les cellules-compagnes ; nous entendons par là qu'elles ne procèdent pas du cloisonnement tardif d'une même cellule procambiale ou cambiale. Par ce caractère les cellules du parenchyme libérien se distinguent donc des cellules-compagnes ; celles-ci prennent en effet naissance par le cloisonnement longitudinal de la cellule qui doit donner un tube criblé.

Quand le liber mou confine directement au parenchyme

voisin, comme chez les *Cucurbita*, il est souvent difficile de décider si des cellules extérieures aux tubes criblés appartiennent au parenchyme libérien ou bien au parenchyme non libérien qui entoure le liber. Il est même souvent délicat de décider d'après leur section transversale si certains éléments sont des cellules de parenchyme ou bien des tubes criblés.

Presque toujours les cellules du parenchyme libérien ont une section plus petite que celle des tubes criblés, plus grande que celle des cellules-compagnes; c'est le cas le plus ordinaire; on le rencontre notamment chez les *Cucurbita*, les *Tilia*, la Vigne, le *Monstera repens* et la plupart des plantes monocotylédones.

Leur section est aussi très habituellement plus petite que celle des cellules du parenchyme non libérien. Mais les rapports de dimensions sont si variables qu'il serait dangereux de tirer de ce caractère des conclusions formelles, d'autant plus que le passage n'est presque jamais franchement tranché entre le liber et le parenchyme non libérien qui l'entoure. Ce qui est plus important au point de vue de la distinction des cellules appartenant au liber, c'est que le parenchyme libérien possède les caractères généraux du tissu auquel il appartient et que nous avons énumérés plus haut, c'est-à-dire que les cellules du parenchyme libérien ne présentent pas de méats, qu'elles ont leur membrane épaissie au point où plusieurs cellules se touchent (nature collenchymatoïde) et que ces membranes présentent l'éclat particulier et les reflets bleuâtres ou nacrés qui caractérisent habituellement les éléments libériens.

Sur une section transversale, on distinguera les cellules du parenchyme libérien des tubes criblés par les deux caractères suivants :

1° Les cellules de parenchyme possèdent un noyau; les tubes criblés en manquent habituellement;

2° Les tubes criblés possèdent une petite cellule-compagne qui découpe un angle de leur section ; les cellules de parenchyme manquent de ces cellules-compagnes; elles ont parfois

un contour régulièrement rectangulaire quand elles appartiennent au liber secondaire (*Tilia*, fig. 53, pl. XXIV).

Enfin quand les tubes criblés possèdent plusieurs cellules-compagnes, certains éléments de petite taille confinant aux tubes criblés peuvent être confondus avec des cellules-compagnes. On reconnaîtra celles-ci aux caractères suivants :

1° Très riches en substances albuminoïdes, les cellules-compagnes se colorent plus fortement que les cellules de parenchyme par le bleu d'aniline ;

2° Le contenu des cellules-compagnes résiste plus longtemps à l'action de l'hypochlorite de soude que celui des cellules de parenchyme ;

3° Enfin les cellules-compagnes sont toujours privées d'amidon, tandis que les cellules du parenchyme libérien *peuvent* en contenir.

Sur la section longitudinale d'un organe, la distinction des cellules de parenchyme libérien et des tubes criblés ne présentera aucune difficulté, puisque ceux-ci sont caractérisés par leurs cribles. Mais il serait parfois possible de les confondre avec les cellules-compagnes. Cette confusion sera presque impossible si on veut bien se rappeler les faits suivants :

1° Les cellules-compagnes confinent toujours à un tube criblé ;

2° Elles en sont presque toujours séparées par une cloison longitudinale d'épaisseur fort inégale ou présentant de très fines ponctuations ;

3° Les cellules-compagnes ont un contenu qui se colore par le bleu d'aniline plus énergiquement que celui des cellules de parenchyme libérien ;

4° Chez les Monocotylédones le noyau des cellules-compagnes est toujours plus allongé que celui des cellules du parenchyme (fig. 69, pl. XXIV).

Quant à la disposition des cellules de parenchyme dans le liber, on peut signaler deux cas :

1° Dans le liber des Monocotylédones et dans le liber pri-

maire des Dicotylédones, les cellules du parenchyme libérien sont disséminées sans ordre apparent (*Phragmites*, *Monstera repens*, *Cucurbita*, fig. 1, pl. XXI, *Impatiens*, Solanées, etc.).

2° Mais, pour ce qui concerne le liber secondaire, on trouve le plus habituellement que les cellules de parenchyme libérien issues des cellules cambiales ont conservé leur disposition en séries radiales (*Tiila*, fig. 53, pl. XXIV, *Impatiens*, etc.). Cependant, si les tubes criblés prennent un accroissement considérable en diamètre, comme chez le *Vitis vinifera*, le *Ricinus communis*, etc., cette disposition en séries radiales, fort nette près du cambium, disparaît bientôt, et les cellules du parenchyme sont alors disposées irrégulièrement dans le liber. Nous aurons, d'ailleurs, l'occasion de nous étendre plus longuement sur ce point dans un chapitre ultérieur en traitant de la disposition des tubes criblés dans le liber.

Le parenchyme libérien est surtout caractérisé par l'extension de ses éléments dans le sens longitudinal. Chez les *Cucurbita*, par exemple, chacun de ces éléments est terminé par des faces transversales, et affecte la forme d'un prisme. Mais, chez beaucoup de plantes, particulièrement celles qui possèdent de très longs tubes criblés, les éléments du parenchyme libérien sont atténués aux extrémités et divisés par des cloisons transversales en plusieurs cellules assemblées bout à bout : c'est à proprement parler une sorte de prosenchyme à éléments cloisonnés transversalement (Casuarinées, *Ostrya virginiana*, *Fagus sylvatica*, *Rubus*, fig. 63, 64, 65, 66, 67, pl. XXIV, *Ulmus effusa*, *Alstonia spectabilis*, *Vitis vinifera*, *Croton*, *Cydonia vulgaris*, etc., etc.).

Les cellules du parenchyme libérien portent souvent sur leurs membranes des ponctuations se correspondant d'une cellule à l'autre. Habituellement les faces tangentielles sont dépourvues de ces ponctuations; on les rencontre seulement sur les faces horizontales et radiales. Mais cette règle, que nous avons pu vérifier dans un certain nombre de cas, n'a rien d'absolu.

Quand le parenchyme libérien, d'origine secondaire, devient

très abondant relativement au nombre des tubes criblés, comme chez le *Lappa major*, il ne présente plus les caractères distinctifs que nous avons énumérés plus haut; des méats peuvent s'établir entre les cellules, et rien ne le distingue plus du parenchyme ordinaire; seule son origine cambiale, entre des rayons médullaires bien distincts, permet de lui appliquer la dénomination de parenchyme libérien.

Les cellules cambiales, destinées à devenir des éléments de parenchyme libérien, peuvent se diviser seulement en cellules plus ou moins cubiques et superposées par des cloisons transversales, ou bien ce cloisonnement de la cellule fibreuse primitive s'effectue sans aucune loi régulière (Vigne); enfin le cloisonnement peut être à la fois radial et transversal (*Rubus*, fig. 63, 64, 65, 66, 67, pl. XXIV), ou bien en même temps radial, transversal et tangentiel, comme chez le *Cinchona officinalis*, signalé par M. Vesque (1).

Quant au mode de production du parenchyme libérien, désigné par M. Vesque sous le nom d'*accroissement par intercalation*, il consiste simplement dans la production des cellules-compagnes par le cloisonnement longitudinal de la cellule cambiale, qui donnera naissance à un tube criblé. Les cellules ayant cette origine ne rentrent pas dans le parenchyme libérien, tel qu'il a été défini plus haut.

Les cellules du parenchyme libérien perdent peu à peu leur contenu protoplasmique, et ne conservent bientôt plus qu'un revêtement pariétal de faible épaisseur, entourant de toutes parts une grande vacuole centrale, dont le contenu consiste en un liquide ou renferme à la fois un liquide et un ou plusieurs cristaux. Dans le protoplasme pariétal, il n'est d'ailleurs pas rare de rencontrer des grains d'amidon; ces grains sont toujours notablement plus grands que ceux des tubes criblés, et présentent, sous l'action de l'iode, la coloration caractéristique de l'amidon. Il était nécessaire de noter ce fait en pas-

(1) J. Vesque, *Anatomie comparée de l'écorce* (*Ann. sc. nat.*, 6ᵉ série, t. II, 1875).

sant, car nous verrons plus loin que les grains des tubes criblés ne présentent pas cette coloration spéciale.

Quand le parenchyme cortical est bien développé, comme c'est le cas pour la plupart des tiges primaires, l'amidon manque ou ne se rencontre qu'en faible quantité dans le parenchyme libérien. Chez les arbres dont l'écorce s'exfolie peu à peu, le parenchyme libérien contient beaucoup plus d'amidon.

Des cristaux se rencontrent fréquemment dans les cellules du parenchyme libérien; l'accroissement des cellules cesse dès l'apparition de ces cristaux; aussi les cellules à cristaux sont-elles habituellement plus petites que celles du parenchyme voisin. Ces cristaux peuvent être simples (beaucoup de Cupulifères, Salicinées, Bétulacées, Tiliacées, *Rhamnus*, etc.), disposés en mâcles (*Cornus mas*, *Aristolochia*, *Hedera*, etc.), ou bien même se présentent sous la forme de raphides (*Ampelopsis*, Bignoniacées, etc.). Il arrive presque toujours que les cristaux isolés sont renfermés dans des cellules à membrane épaisse, tandis que les cellules à raphides ou à mâcles possèdent une membrane plus mince.

Quant à la disposition relative de ces cellules à cristaux, elle est des plus variées; tantôt on les trouve disséminées sans aucun ordre apparent (*Castanea vesca*, *Aristolochia Sipho*, *Rhus*, *Ulmus effusa*, etc.); tantôt elles sont en séries radiales (*Croton*) ou même disposées en une assise tangentielle : ce dernier cas n'est pas rare chez les plantes dont le liber présente des zones tangentielles de fibres, car alors les cellules du parenchyme voisin contiennent habituellement des cristaux. Sur la section longitudinale d'un organe, on trouve souvent les cellules à cristaux disposées régulièrement en files, surtout dans le voisinage des faisceaux de fibres. Les cellules à cristaux accompagnant les fibres sont bien nettes chez les *Pirus*, *Malus*, *Juglans nigra*, *Tilia*, *Acer*, *Rhamnus*, etc. Enfin, le liber secondaire manque habituellement de cellules à cristaux chez les Malvacées, Berbéridées, *Vitis*, *Camellia*, *Laurus*, etc.

Puisque les cellules à cristaux appartenant au liber ne

sont habituellement que des cellules fibreuses cloisonnées, il est tout naturel de se demander comment se fait ce cloisonnement. Dans la plupart des cas, on ne rencontre que des cloisons transversales (*Tilia*, *Juglans*, etc.); mais il peut aussi se produire une ou plusieurs cloisons longitudinales dirigées radialement ou tangentiellement. M. Mœller (1) a trouvé de ces cloisons longitudinales dans le liber du *Cornus mas*, et M. Vesque (2) cite comme présentant, à ce point de vue, le maximum de complication, les cellules à cristaux du *Coprosma lucida*, de la famille des Rubiacées.

B. CELLULES SCLÉREUSES DANS LE LIBER.

Les cellules du parenchyme libérien peuvent être le siège d'une sclérification plus ou moins prononcée. Quand cette sclérification s'établit dans des cellules non encore cloisonnées transversalement, il se produit des *fibres;* mais, quand la sclérification n'apparaît que tardivement, alors que les cellules fibreuses primitives sont déjà divisées, les éléments qui proviennent de cette transformation sont des *cellules scléreuses* à parois très fortement épaissies, lignifiées, et généralement riches en ponctuations.

Cette sclérification, qui se rencontre surtout dans le liber secondaire des arbres, n'atteint que les cellules du parenchyme libérien. Hartig (3) et Chalon (4) pensent que les parois des tubes criblés peuvent elles-mêmes se sclérifier et donner naissance à des fibres libériennes. Schacht (5) émet quelques doutes au sujet de cette transformation en fibres, mais il pense que les tubes criblés peuvent donner naissance à des cellules scléreuses. Cette dernière opinion est accueillie par M. Vesque (6), qui cite même le Bouleau comme présentant ce

(1) J. Moeller, *loc. cit.*
(2) J. Vesque, *loc cit.*, p. 170.
(3) Hartig, *Bot. Zeit.*, 1853 et 1854.
(4) Chalon, *Mémoire sur l'anatomie comparée de l'écorce.*
(5) Schacht, *Der Baum*, 1860, p. 209.
(6) Vesque, *loc. cit.*

phénomène avec le plus de netteté. D'accord en cela avec M. Moeller (1), je n'ai pu observer chez aucun arbre une transformation aussi profonde, et je me crois autorisé à affirmer que les *cellules du parenchyme libérien peuvent seules devenir des cellules scléreuses*. Les tubes criblés peuvent être comprimés par les tissus voisins, devenir méconnaissables, perdre complètement leur cavité en rapprochant leurs parois; mais ils ne se sclérifient pas; du moins je n'ai pu observer aucun exemple d'une telle transformation.

Les cellules scléreuses peuvent rester très petites (*Betula alba*, *Ostrya virginica*, etc.), ou bien, surtout quand elles sont isolées, atteindre jusque 100 ou 125 μ de diamètre (*Eucalyptus corymbosa*). Quand les cellules scléreuses sont réunies en amas, on leur donne généralement dans les descriptions le nom de *cellules pierreuses;* ces amas de cellules pierreuses sont très répandus dans le liber du Bouleau et ordinairement de tous les arbres qui doivent vivre un grand nombre d'années.

Bien peu d'arbres ou d'arbustes sont dépourvus d'éléments sclérifiés dans leur liber secondaire; nous citerons de ce nombre les *Ribes*, *Evonymus*, *Cornus*, *Ampelopsis* et *Aristolochia*, qui ne possèdent ni cellules scléreuses, ni fibres libériennes. Chez les *Platanus*, *Fagus*, *Ligustrum* et *Vitis*, le liber secondaire comprend des cellules sclérifiées et manque de fibres libériennes. Faisons toutefois remarquer en passant que certaines cellules sclérifiées du liber secondaire sont allongées comme les fibres et qu'elles constituent la transition naturelle entre les cellules scléreuses courtes et les fibres libériennes. Les longues cellules scléreuses du *Vitis vinifera* sont précisément dans ce cas.

Dans le liber secondaire d'un assez grand nombre de plantes, on trouve à la fois des cellules scléreuses et des fibres libériennes; c'est le cas des *Sambucus*, *Ulmus*, *Liriodendron*, *Berberis*, *Tilia*, *Juglans*, etc.

(1) J. Moeller, *loc. cit.*

Enfin, lorsque le liber mou alterne avec des couches concentriques de fibres libériennes, ces fibres sont remplacées au niveau des rayons médullaires internes par des cellules scléreuses courtes et pourvues de nombreuses ponctuations, surtout sur leurs faces tangentielles; cette disposition assure la conductibilité des rayons dans le sens radial.

C. FIBRES LIBÉRIENNES.

Les *fibres libériennes* sont des éléments allongés, généralement fusiformes, et plus ou moins lignifiés.

Quand les fibres accompagnant le liber se trouvent isolées ou réunies par groupes à l'intérieur même du liber et qu'elles sont entourées par du liber mou contenant des tubes criblés, comme les fibres qui sont disposées par couches concentriques dans le liber du Tilleul, rien n'est plus légitime que de leur appliquer la dénomination de fibres libériennes; mais, si au contraire on ne les trouve qu'à la face externe du faisceau, formant un arc de soutien entre l'endoderme et le liber mou, il est le plus souvent impossible de décider si elles appartiennent au liber ou au péricycle. — Pour M. Vesque (1), ce sont toujours des fibres libériennes, car il ne mentionne pas l'assise périphérique distinguée par M. Van Tieghem (2). Pour M. Morot (3), qui étudiait spécialement le péricycle, la plupart de ces fibres externes appartiennent au péricycle. Il faudrait, pour décider dans tous les cas si les fibres appartiennent véritablement au péricycle ou au liber, faire une étude attentive du développement. Nous n'avons pu entreprendre cette étude, qui nous aurait entraîné loin du cadre de notre travail; les quelques observations que nous avons pu recueillir à ce sujet ne sont pas suffisantes pour étayer une opinion et nous réservons cette question pour un mémoire ultérieur.

(1) Vesque, *loc. cit.*

(2) Van Tieghem, *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XVI, p. 111 et *Bull. Soc. bot.*, t. XXIX, p. 280.

(3) Morot, *Recherches sur le péricycle* (*Ann. sc. nat.*, 1885).

Cependant il est un fait sur lequel nous ne pouvons manquer d'insister. Si on désigne sous le nom de fibres libériennes, comme le fait M. Vesque, les fibres extérieures au liber, et comme l'indique aussi M. Sachs dans sa figure d'un faisceau de Ricin, il faudra admettre que le péricycle n'est pas continu quand certaines de ces fibres confinent directement à l'endoderme (Ricin); ou bien il faudra renoncer à trouver une limite entre le péricycle et le liber, puisque les deux tissus seront formés de fibres identiques.

Allons plus loin; si on appelle fibres libériennes les fibres constituant un arc de soutien autour du liber mou des faisceaux chez les Monocotylédones, il deviendra matériellement impossible de tracer la délimitation entre les fibres ligneuses et les fibres libériennes quand le faisceau tout entier sera entouré par une gaine fibreuse (Maïs). On pourra être conduit ainsi à désigner sous le nom de fibres libériennes les fibres accompagnant les vaisseaux du bois. M. Duchartre (1) dit : « Outre les fibres libériennes normales, qui se trouvent dans la portion corticale du faisceau, on en voit aussi fréquemment dans sa portion ligneuse, au voisinage de la moelle. » Et M. Chatin prend la peine de distinguer plusieurs cas de répartition anormale des fibres libériennes. D'après ce botaniste : 1° chez quelques plantes, ces fibres manquent dans la région corticale et se montrent uniquement dans le système ligneux (*Petasites*); 2° assez souvent on les observe à la fois dans l'écorce et dans le bois (*Piper*, *Medicago*, *Ulex*). On avouera qu'il est absolument inutile de créer des noms pour désigner les différents tissus qui entrent dans la constitution d'un organe, si on doit pousser la fantaisie jusqu'à donner le nom de fibres libériennes aux fibres du bois.

Pour éviter les inconvénients d'une terminologie aussi élastique, nous proposons de réserver le nom de *fibres libériennes* aux fibres emprisonnées dans le tissu libérien et d'appeler *fibres extra-libériennes* celles qui constituent par

(1) Duchartre, *Éléments de botanique*, 3e édition, p. 234.

leur réunion des zones plus ou moins étendues à la surface du liber.

Les fibres extra-libériennes se rencontrent très fréquemment à la surface externe du liber, dont elles paraissent être le tissu de soutien. Rassemblées habituellement en un arc à la face externe du liber chez les Dicotylédones, elles constituent souvent par la réunion de ces arcs un anneau mécanique extra-libérien; mais cet anneau, qui paraît continu à un examen superficiel, se montre en réalité formé d'arcs séparés, au niveau des rayons médullaires, par des cellules scléreuses très riches en ponctuations.

Chez les Monocotylédones cette zone fibreuse entoure complètement le faisceau libérien, excepté dans la partie qui confine au bois. Parfois (1) ces fibres pénètrent au milieu du faisceau pour y former une sorte de rayon (*Calamus*); ou bien ce sont les bandes fibreuses latérales qui envoient dans le liber des prolongements formant par leur réunion une couche tangentielle (*Dioscorea, Tamus*); enfin dans les grosses branches de *Dioscorea Batatas* les deux modes de pénétration de l'assise fibreuse se rencontrent en même temps et chaque faisceau libérien se trouve alors divisé en quatre groupes.

Les fibres extra-libériennes, souvent bien développées dans les organes aériens, manquent complètement ou ne se développent que fort peu dans les tiges souterraines, comme l'a montré M. Costantin (2) pour le Ricin, la Ronce, le Lupin et le Pois chiche; enfin dans la racine on n'en a pas rencontré jusqu'ici.

Quant aux fibres libériennes, elles sont rares dans le liber primaire, où on les rencontre notamment dans la racine des Légumineuses, des Malvacées, etc. (3). Elles se développent, au contraire, fréquemment dans le tissu libérien secondaire.

(1) Van Tieghem, *Traité de bot.*, 1re édition, p. 753.

(2) Costantin, *Étude comparée des tiges aériennes et souterraines* (*Ann. sc. nat.*, 1883).

(3) Van Tieghem, *Sur les fibres libériennes primaires de la racine des Malvacées* (*Ann. des sc. nat*, 7e série, VII, 1888).

Presque toujours les fibres libériennes sont groupées en faisceaux ; on en trouve bien quelques-unes qui sont isolées (*Morus alba*) ; mais à côté il en existe d'autres qui sont fasciculées. Chez le *Didymeles* seulement j'ai trouvé des fibres isolées, à section arrondie et disséminées en grand nombre dans le liber. L'examen de quelques plantes possédant des fibres libériennes dans leur liber secondaire va nous renseigner sur les différentes dispositions que ces fibres peuvent affecter.

Morus alba. — Les fibres libériennes, isolées ou groupées en faisceaux comprenant deux, trois, quatre fibres et même plus, sont disséminées à peu près sans ordre dans le liber (longueur, 4 millimètres; diamètre, 8 à 24 μ).

Ulmus effusa. — Les fibres libériennes sont disposées en couches concentriques séparées par du liber mou et interrompues au niveau des rayons médullaires ; chacune de ces couches comprend cinq ou six assises de fibres ; avec un peu d'attention on peut encore constater la disposition radiale de ces fibres (longueur, 1^{mm},5 et plus). Presque toutes les cellules de parenchyme confinant à ces couches de fibres contiennent un cristal simple.

Cette disposition des fibres en couches concentriques interrompues au niveau des rayons médullaires se rencontre chez un grand nombre de plantes, parmi lesquelles nous citerons les *Tilia*, *Vitis*, *Ulmus fulva*, *Castanea vesca*, *Citrus Aurantium*, *Acer Pseudoplatanus*, *Juglans nigra*, Malvacées, Diptérocarpées, *Leitneria floridana*, etc.

La disposition des fibres libériennes en couches nettement concentriques est un caractère assez constant chez certaines familles ; il a permis par exemple de séparer des Castanéacées auxquelles M. Baillon l'avait réunie, la tribu des Leitnériées, et, précisément, la découverte de canaux secréteurs à la pointe interne des faisceaux a confirmé cette séparation (1).

(1) Van Tieghem et Lecomte, *Bull. Soc. bot.*, 1886. Le *Didymeles*, que M. Baillon place avec les Leitnériées, ne peut être conservé dans cette tribu, car il a des fibres isolées (voy. plus haut), et de plus il manque de canaux sécréteurs. Ce deuxième caractère vient confirmer la valeur du premier.

Au point de vue de leur trajet, les faisceaux de fibres décrivent assez souvent une ligne onduleuse et ces lignes onduleuses se rejoignent latéralement par leurs parties convexes. Cette disposition peut être facilement constatée sur des sections tangentielles du liber des divers *Tilia;* elle n'est pas signalée dans l'important chapitre consacré par M. de Janczewski (1) à l'étude du liber chez le *Tilia parvifolia*. Ce qu'il y a de plus important dans l'étude des fibres libériennes, c'est qu'elles diffèrent parfois notablement des fibres extra-libériennes par leur forme et par leurs caractères microchimiques.

Chez le *Leitneria floridana* les fibres libériennes sont plus larges et moins épaissies que les fibres extra-libériennes.

Les fibres libériennes du *Tilia heterophylla* présentent le même caractère. Le rapport des diamètres est environ $\frac{2}{8}$. De plus, les fibres libériennes sont habituellement moins lignifiées que les fibres extra-libériennes et présentent, par conséquent, une coloration moins intense que ces dernières, sous l'action des colorants habituels du ligneux. Dans les tiges de *Glycine sinensis*, le liber nettement stratifié rappelle assez bien celui du liber de *Tilia* par sa disposition générale sur une section transversale ; les fibres libériennes sont de plus faible diamètre que les fibres extra-libériennes ; mais, ce qui est plus remarquable, les premières se colorent en rose (cellulose) par le chlorure de calcium iodé, tandis que les fibres extra-libériennes prennent une coloration jaune identique à celle des tissus lignifiés traités de la même façon. Cependant les fibres de cette dernière catégorie qui confinent au liber acquièrent une coloration semblable à celle des fibres libériennes vraies.

L'action du chlorure d'aluminium iodé fournit les mêmes résultats ; ce réactif communique une coloration jaune aux fibres extra-libériennes et une coloration violette aux fibres libériennes. Cette différence ne peut être attribuée qu'à la

(1) Janczewski, *loc. cit.*, p. 135 et suiv.

nature du milieu spécial dans lequel se développent ces fibres. En effet, les éléments qui les entourent sont généralement très riches en substances albuminoïdes ; mais ils sont privés d'amidon ou n'en contiennent qu'une faible proportion, tandis que les fibres extra-libériennes confinent au parenchyme ou à l'endoderme qui en sont abondamment fournis.

Les fibres libériennes n'ont évidemment qu'un rôle mécanique, car leur contenu est extrêmement réduit et l'épaisseur même de leurs parois se prêterait mal à des échanges avec les éléments qui les entourent. Cependant, quand elles ont une paroi peu épaissie, comme chez la Vigne, les *Coleonema*, etc., elles participent peut-être dans une faible mesure à la conduction de certaines substances. Cette hypothèse, émise par M. Vesque (1), aurait besoin d'être confirmée par l'observation.

D. APPAREILS SÉCRÉTEURS DE DIVERSES FORMES ET LATICIFÈRES DANS LE LIBER.

L'étude des canaux sécréteurs formés aux dépens du liber peut offrir un certain intérêt, car les notions que nous avons déjà acquises sur la nature même du tissu libérien nous l'ont montré dépourvu de méats et par conséquent très peu propre à permettre le développement des canaux sécréteurs. Quand il se présente des formations de cette nature dans une couche libérienne un peu épaisse, on peut être presque toujours assuré que les canaux sécréteurs sont localisés dans une zone de parenchyme dépourvue de tubes criblés. Je n'ai pas eu la prétention de passer en revue toutes les plantes des diverses familles chez lesquelles on a signalé, à tort ou à raison, des canaux sécréteurs appartenant en propre au tissu libérien ; les quelques exemples qui suivent suffiront pour fixer les idées à cet égard.

Hedera Helix. — Des canaux sécréteurs ont été signalés par

(1) Vesque, *loc. cit.*

M. Trécul (1) d'abord, puis par M. Van Tieghem (2) dans le liber primaire et secondaire de la tige et des feuilles chez les Araliacées. Dans un deuxième mémoire, M. Van Tieghem (3) a établi que ces canaux appartiennent au péricycle et non pas au liber primaire, comme il l'avait cru tout d'abord avec M. Trécul.

Mes propres observations me permettent de me ranger à cette deuxième manière de voir pour ce qui concerne le liber primaire du *Hedera Helix;* les canaux sécréteurs sont localisés dans une zone de parenchyme extérieure à la région qui contient les tubes criblés ; que cette zone reçoive ou non la dénomination de péricycle, elle ne possède ni les tubes criblés ni la nature collenchymatoïde caractéristiques du liber ; des méats et par conséquent des canaux sécréteurs peuvent s'y produire facilement. Quand ces canaux pénètrent dans l'épaisseur de la couche libérienne, ils sont toujours éloignés des tubes criblés et localisés dans une couche de parenchyme interposée entre les îlots de vrai liber.

Aralia racemosa. — Le liber secondaire de la racine présente une grande extension, mais ne possède qu'un petit nombre de tubes criblés disséminés dans de petits îlots qu'entoure un parenchyme, libérien, il est vrai, par son origine, mais pourvu de méats comme le parenchyme de l'écorce ou de la moelle. Les canaux sécréteurs ne contractent, par conséquent, aucune relation avec les tubes criblés dont ils se trouvent toujours éloignés.

Rhus Toxicodendron (4). — Au commencement de la deuxième année, la tige de cette plante contient dans son liber des canaux sécréteurs de deux sortes; les uns, les plus larges, se trouvent localisés à la face interne des arcs fibreux extra-

(1) Trécul, *Comptes rendus*, 1867, t. LXIV, p. 886, et 990 et *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. VII, p. 54.

(2) Van Tieghem, *Recherches sur les canaux sécréteurs des plantes* (*Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVI).

(3) *Id.*, *Deuxième Mémoire* (*Ann. sc. nat.*, 1885).

(4) Van Tieghem, *loc. cit.*

libériens ; les autres sont disposés sur un cercle dans l'épaisseur même du liber. Les premiers appartiennent vraisemblablement au péricycle et non pas au liber ; ceux de la deuxième catégorie appartiennent à une zone de parenchyme interposée entre deux couches de vrai liber et ne possédant pas de tubes criblés ; par leur situation ils appartiennent au liber ; mais le parenchyme dans lequel ils se trouvent localisés ne présente pas les caractères habituels et la nature collenchymatoïde du parenchyme libérien accompagnant les tubes criblés.

Pour ce qui concerne les canaux oléifères des Composées, on sait qu'ils ne se rencontrent jamais dans le liber primaire de la tige. M. Vuillemin (1) mentionne cependant une exception concernant l'*Ambrosia trifida ;* mais ni l'examen des figures qui accompagnent son travail ni les observations que j'ai pu faire de mon propre côté n'ont pu me convaincre de la réalité de cette exception, car ces canaux sont directement appuyés contre l'assise fibreuse extra-libérienne ; le fait que les éléments, aux dépens desquels ils prennent naissance, sont en concordance avec le liber, ne prouve pas qu'ils appartiennent à ce tissu, car dans le liber primaire les éléments sont disposés sans ordre.

Comme on peut le voir par les quelques exemples qui précèdent, le liber primaire ne contiendrait pas de canaux sécréteurs ; quant au liber secondaire, ceux qu'il possède sont localisés dans des couches uniquement formées de parenchyme, interposées entre les couches du vrai liber pourvu de tubes criblés.

Les *cellules sécrétrices isolées* sont beaucoup plus fréquentes dans le liber que les canaux sécréteurs. Rien ne s'oppose, en effet, à leur formation. M. Trécul (2) et M. Vesque (3) en citent de nombreux exemples ; nous ne croyons pas devoir nous arrêter sur ce sujet.

Quant aux *laticifères*, on les rencontre dans le liber secon-

(1) P. Vuillemin, *Tige des Composées*, p. 129.
(2) Trécul, *Comptes rendus*, 1865, et *Ann. sc. nat.*, t. IV, p. 378.
(3) Vesque, *loc. cit.*

daire des Campanulacées, Morées, Lobéliacées et de certaines Composées.

La croyance très répandue que les plantes grasses et les plantes à suc laiteux possèdent des tubes criblés plus petits et moins nombreux que les autres plantes ne me paraît pas fondée; elle a déjà été mise en doute par M. Vuillemin (1), pour ce qui concerne la tige des Composées. Il n'est pas rare, en effet, de rencontrer dans cette famille, chez des plantes à suc laiteux, des tubes criblés tout aussi larges que chez d'autres plantes voisines dépourvues de latex. La Lampsane, par exemple, bien que très riche en latex, possède de très beaux tubes criblés.

M. Van Tieghem (2), contrairement à l'opinion de de Bary, professe que le liber primaire est dépourvu de laticifères. M. Vuillemin se range à son avis; les deux exceptions que signale ce dernier auteur concernant les Composées à faisceaux libériens médullaires et certaines tiges de *Hieracium Pilosella* ne me paraissent pas devoir être maintenues. Les laticifères qu'il a observés s'étalant à la surface du liber interne, appartiennent bien au parenchyme médullaire et non pas au liber primaire.

En résumé, le liber primaire ne possède habituellement que des cellules sécrétrices; quant aux canaux sécréteurs et laticifères, on les rencontre surtout dans le liber secondaire, mais jamais ils ne se trouvent en contact direct avec les tubes criblés.

CHAPITRE III

LES TUBES CRIBLÉS ET LES CELLULES-COMPAGNES

A. DIFFÉRENTS TYPES DE TUBES CRIBLÉS.

Les tubes criblés, arrivés à leur taille définitive, affectent tous la forme de tubes cylindriques (*Cucurbita*) ou de prismes

(1) Vuillemin, *loc. cit.*
(2) Van Tieghem, *loc. cit.*

(Papilionacées ligneuses), terminés par des faces perméables ou même perforées sur une partie de leur étendue.

Suivant la constitution et la direction plus ou moins transversale de ces cloisons terminales, on peut distinguer deux types extrêmes parfaitement nets, mais entre lesquels nous trouverons tous les intermédiaires. Ces deux types, reconnus par les premiers observateurs du liber, sont représentés par les tubes criblés de la Courge et par ceux de la Vigne (1).

1° *Type Courge.* — Les tubes criblés sont réunis bout à bout (fig. 2, pl. XXI) par des cloisons complètement transversales ou très peu obliques, transformées en cribles dans toute leur étendue ou sur une partie seulement de leur surface (Russow). Dans le corps de la même plante on pourra d'ailleurs rencontrer les deux formes; la distinction établie par M. Russow n'a donc qu'une importance très secondaire.

A ce type appartiennent la plupart des Monocotylédones et les Dicotylédones herbacées. Un certain nombre de Dicotylédones ligneuses ou sous-ligneuses possèdent aussi des cloisons à un seul crible.

Aux exemples cités par MM. Russow et de Janczewski, j'ajouterai : les Orchidées, les Bignoniacées, les *Rosa*, *Rubus* et *Spiræa*, parmi les Rosacées, les *Ampelopsis humulifolia*, *Cissus quinquefolia*, *Vitis canescens*, *Ulmus effusa*, Morées, Artocarpées, Berbéridées, Cornées, Sterculiacées, Malpighiacées, Rhamnées, Amygdalées, Papilionacées, Verbénacées, Aristolochiées, *Asclepias*, *Buxus*, *Pistacia*, *Ailantus glandulosa*, etc., etc.

Je fais rentrer dans le type Courge les tubes courts des Papilionacées, dont les cloisons terminales sont adossées en toit, la plus grande étant généralement transformée en crible.

Comme nous aurons l'occasion de le montrer bientôt, le

(1) Schacht (*Der Baum*, 3e *Auflage*, 1860, p. 208) distingue trois formes dont les deux premières sont citées plus haut; la troisième, constituée par des éléments fusiformes, avec des cribles sur les parois radiales, concerne les Gymnospermes dont nous ne nous occupons pas dans ce travail.

liber primaire ne possède tout d'abord que des tubes appartenant au type de la Courge.

Enfin les *tubes criblés des feuilles et des pétioles ne possèdent que des cloisons transversales à un seul crible,* même quand les tubes de la tige et de la racine appartiennent au type de la Vigne. Nous reviendrons plus loin sur ce caractère particulier du liber des feuilles.

2° *Type Vigne.* — Les tubes criblés de la Vigne sont terminés par des cloisons dirigées très obliquement et pourvues de plusieurs cribles (fig. 39, pl. XXIII). Le nombre des cribles réunis ainsi côte à côte sur une même plage peut varier de deux à dix et même davantage.

Vues de face, les cloisons pourvues de plusieurs cribles peuvent se présenter avec deux dispositions différentes, soit que les cribles soient séparés les uns des autres par des bandes transversales (fig. 46, pl. XXIII), soit au contraire que ces bandes cellulosiques soient dirigées obliquement et découpent sur la cloison des sortes de triangles occupés par les cribles (*Carya juglandifolia*, Smilacées, *Quercus*, etc.) (fig. 47, pl. XXIII).

A ce type appartiennent la plupart des plantes franchement ligneuses. Citons les Casuarinées, Bétulacées, Corylacées, *Quercus*, *Castanea*, *Platanus*, Salicinées, Caprifoliacées, Tiliacées, Acérinées, Juglandées, etc., etc.

J'ai déjà eu l'occasion de signaler ce fait remarquable que le liber primaire des plantes appartenant au type de la Vigne possède des tubes analogues à ceux de la Courge. Bien mieux, le liber secondaire de ces mêmes plantes peut présenter les deux types réunis. Chez la Vigne ordinaire (*Vitis vinifera*), M. de Janczewski a déjà signalé des cloisons transversales à un seul crible à côté d'autres fortement inclinées et possédant plusieurs cribles. M. Russow fait remarquer avec raison que cette particularité n'est pas aussi rare que paraît le croire M. de Janczewski. Pour ma part, j'ai pu constater maintes fois ce fait non seulement chez la Vigne, mais encore chez le Til-

leul, la Vigne-vierge (fig. 40, pl. XXIII, *a*) et chez la plupart des Amentacées.

Les plantes herbacées elles-mêmes sont susceptibles de présenter les deux formes réunies. Chez le *Cucurbita maxima*, par exemple, j'ai trouvé des tubes appartenant très nettement au type de la Vigne.

La tige du *Rubus tomentosa* présente réunis les deux types de tubes criblés avec tous les intermédiaires; il en est de même pour le *Cissus quinquefolia*.

Des plantes très voisines, appartenant au même genre, peuvent d'ailleurs posséder des tubes de deux types différents; il en est ainsi pour les diverses espèces du genre *Vitis*, dont les unes appartiennent par leur liber au type *Vitis vinifera* et les autres au type de la Courge. De plus, les *Cissus* et *Ampelopsis*, appartenant comme la Vigne à la famille des Vitées (Van Tieghem), ne possèdent guère que des tubes criblés du type Courge.

Comme on le voit par l'exposé qui précède, la répartition dans le règne végétal des deux formes principales de tubes criblés se montre des plus irrégulières, et on comprend qu'il est presque impossible de se servir de ce caractère histologique pour fixer les affinités des plantes, puisque dans le même organe on peut trouver les deux types réunis, et que, d'autre part, des espèces très voisines, appartenant au même genre, ou des genres voisins compris dans la même famille, peuvent posséder des tubes criblés de types différents.

Enfin, nous avons constaté, en suivant le développement des tubes criblés chez la Vigne et le Tilleul, que les tubes appartenant au liber secondaire possèdent tout d'abord des cloisons transversales à un seul crible; puis, que ces cloisons s'inclinent peu à peu, s'allongent, et finissent par devenir très obliques dans les tubes arrivés à leur complet développement. En même temps le crible, d'abord unique, s'étend, se fragmente en plusieurs cribles séparés par des bandes de cellulose, et le nombre des ponctuations augmente. Cette transformation progressive trouvera son explication plus loin quand

nous traiterons du développement des ponctuations des cribles. Nous devons nous contenter pour le moment de signaler en passant ce fait important; il serait tout à fait inexplicable si on voulait se contenter des théories émises successivement par MM. Wilhelm, de Janczewski et Russow sur le développement des cribles; au contraire, rien ne sera plus naturel que l'explication que nous en donnerons plus loin quand nous aurons exposé les points principaux de la nouvelle théorie à laquelle nous avons été conduit par l'observation de plusieurs faits qui avaient échappé à nos devanciers.

B. GENÈSE ET CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES TUBES CRIBLÉS ET DES CELLULES-COMPAGNES.

Les tubes criblés et les cellules-compagnes ont toujours une origine commune et leur étude ne saurait être séparée.

Une cellule procambiale (liber primaire) ou cambiale (liber secondaire) se divise en deux éléments par une cloison longitudinale; l'un des éléments ne se divise plus et fournit le tube criblé; l'autre élément constitue la cellule-compagne : celle-ci peut rester simple ou se diviser encore pour fournir plusieurs cellules-compagnes accolées au tube criblé dont elles partagent l'origine.

Cellules-compagnes. — Les cellules-compagnes ne se rencontrent pas dans le liber de toutes les plantes et il est remarquable de constater qu'elles font défaut chez les Cryptogames vasculaires et les Gymnospermes (de Janczewski, Russow). Dans ces deux groupes de plantes, les tubes criblés ne sont séparés que par du parenchyme libérien et les tubes criblés se forment directement aux dépens des cellules primitives au lieu d'être des cellules-filles.

Chez les Angiospermes, j'ai rencontré des cellules-compagnes dans le liber de la plupart des plantes étudiées. Comme elles ne possèdent pas toujours une longueur égale à celle des tubes qu'elles accompagnent (*Vitis vinifera*, *Cucurbita Pepo*), une section transversale opérée dans un faisceau libérien peut

ne pas intéresser la cellule-compagne d'un tube; il ne faudrait pas en conclure que ce tube est dépourvu de cellule-compagne, car on ne manquerait pas de la rencontrer dans une autre section intéressant une autre partie de la longueur du tube.

Pour affirmer avec une entière certitude qu'un élément voisin d'un tube criblé est bien véritablement une cellule-compagne, il faut avoir surpris sur le fait le cloisonnement longitudinal de la cellule dont elle provient. Nous n'aurons pas la témérité d'avancer que nous avons pu toujours suivre ce développement. Pour reconnaître les cellules-compagnes, pour les distinguer du parenchyme libérien qui les entoure, il est donc nécessaire de recourir à d'autres criteriums dont les principaux sont les suivants :

1° Dans les tiges, les racines et même les pétioles, les cellules-compagnes ont toujours une section plus petite que celle des tubes criblés et que celle des éléments du parenchyme libérien. C'est ce fait qui donne au liber l'aspect irrégulier que nous avons signalé dans un chapitre précédent;

2° La cloison qui sépare la cellule-compagne du tube criblé au sort duquel elle se trouve liée, paraît souvent sur une section transversale découper un segment du tube;

3° La cloison qui sépare une cellule-compagne d'un tube criblé porte souvent de nombreuses ponctuations; dans tous les cas elle présente une épaisseur fort irrégulière;

4° Le contenu des cellules-compagnes se colore plus fortement que celui des cellules de parenchyme par le bleu d'aniline et résiste plus longtemps à l'action de l'hypochlorite de soude.

L'observation de ces principaux caractères permet dans la la plupart des cas de reconnaître les cellules-compagnes et dispense de recourir à l'étude toujours longue et fort délicate du développement.

L'orientation de la cloison qui sépare le tube criblé d'une part et la cellule-compagne d'autre part m'a paru obéir dans la plupart des cas à une loi qui a son importance et qui peut

être formulée comme il suit, au moins pour ce qui concerne le liber secondaire :

Le cloisonnement se produit de telle façon que la cellule-compagne se trouve généralement placée entre le tube criblé d'une part, le parenchyme libérien ou un rayon médullaire d'autre part.

Dans le liber primaire, l'orientation du cloisonnement se montre très irrégulière. Mais pour ce qui concerne le liber secondaire, dont les éléments proviennent des séries de cellules issues du cambium, on trouve souvent une disposition assez régulière.

Chez les plantes à liber secondaire non stratifié mais découpé par de nombreux rayons primaires et secondaires, les cellules-compagnes sont séparées des tubes criblés par un cloisonnement radial et on les trouve le plus souvent entre les tubes criblés et les rayons médullaires (*Rubus*, *Ilex Aquifolium*, fig. 67, pl. XXIV, *Fraxinus longifolia*, *Carya juglandifolia*, *Catalpa syringæfolia*, *Pterocarya fraxinifolia*, *Tecoma radicans*, *Ricinus communis*, etc.).

Si le liber est stratifié (Vigne, Tilleul, etc.), on trouve, entre les rayons, des cellules-compagnes intérieures ou extérieures aux tubes criblés, dont elles sont séparées par des cloisons plus ou moins tangentielles ; au contraire, les tubes les plus rapprochés des rayons sont séparés de ces rayons par leurs cellules-compagnes : le cloisonnement s'est produit dans une direction radiale.

Ce fait n'avait pas échappé à M. Vesque, mais il n'avait pas distingué les cellules-compagnes du parenchyme libérien.

Le cloisonnement n'est presque jamais complètement tangentiel ou radial. C'est ainsi que le liber du *Catalpa syringæfolia* présente un cloisonnement radial près des rayons médullaires, mais oblique à direction indifférente au sein des massifs libériens.

Les deux modes de cloisonnement peuvent d'ailleurs se produire en même temps, pour donner une disposition remarquable que nous avons pu observer chez la plupart des Sola-

nées et chez certaines Composées; le liber du *Lappa major* (fig. 57, pl. XXIV) offre trois types distincts, que nous allons énumérer en commençant par le plus simple :

1° Cloisonnement radial séparant une seule cellule-compagne latérale (fig. 58, pl. XXIV);

2° Cloisonnement radial comme dans le premier cas; mais la cellule-compagne est ensuite coupée en deux parties par une cloison longitudinale tangentielle (fig. 59, pl. XIXV);

3° La cellule séparée tout d'abord par un cloisonnement radial est divisée en trois parties par deux cloisons tangentielles ou un peu obliques (fig. 60, pl. XXIV).

D'après M. de Janczewski (1), les tubes criblés de l'*Aristolochia Sipho* seraient dépourvus de cellules-compagnes; ils ne dérivent cependant pas directement des cellules cambiales. Chacune des cellules se divise en deux par une cloison tangentielle; l'élément le plus externe devient un tube criblé; l'autre, plus petit, se divise transversalement en deux, trois ou quatre cellules.

M. de Janczewski établit une distinction entre ces éléments ainsi formés et les cellules-compagnes des autres Dicotylédones. Il les compare aux cellules dites cambiformes des Monocotylédones (*Phragmites*, *Typha*). Je ne crois pas, pour ma part, que cette distinction soit justifiée; on trouve en effet tous les intermédiaires entre les cellules-compagnes latérales et celles qui sont externes ou internes par rapport aux tubes criblés; les exemples de ces intermédiaires ne sont pas rares chez les *Vitis vinifera*, *Tilia parvifolia*, etc. L'origine est la même; seule l'orientation est différente. Le fait que ces cellules se divisent transversalement ne constitue pas une différence justifiant l'application d'une dénomination nouvelle, car les cellules-compagnes occupant une position latérale peuvent elles-mêmes se diviser par des cloisons transversales (*Cucurbita*, *Lagenaria vulgaris*, etc.).

Enfin le contenu de ces cellules, très riche en substances

(1) De Janczewski, *loc. cit.*, p. 151.

albuminoïdes, le développement du noyau, l'épaisseur inégale et la richesse en ponctuations de la cloison qui les sépare des tubes criblés, tous ces caractères font des cellules dites cambiformes des éléments exactement comparables aux cellules-compagnes et nous n'hésitons pas à leur appliquer cette dénomination, aussi bien pour les Monocotylédones que pour l'*Aristolochia Sipho*. Nous admettrons donc que la présence des cellules-compagnes caractérise le liber des Angiospermes.

L'étude du contenu de ces éléments se trouvera mieux à sa place dans la partie de ce travail consacrée au contenu des tubes criblés.

C. CRIBLES SUR LES PAROIS LONGITUDINALES DES TUBES.

Beaucoup de tubes criblés présentent des cribles non seulement sur leurs parois terminales, mais encore sur leurs parois longitudinales. Ce fait se présente très souvent entre les tubes criblés et les cellules-compagnes ou même certaines cellules du parenchyme libérien; c'est ce que montre la figure 61, planche XXIV, pour un tube criblé de *Rubus idæus*. L'action des chlorures iodés fait apparaître des îlots formés de bandes entre-croisées, entre lesquelles on voit des mailles très claires d'une grande finesse. De face il est souvent difficile de décider si ces mailles claires correspondent à des ponctuations; si la section passe par un de ces îlots (fig. 15 et 30, pl. XXII), on voit que la membrane est beaucoup plus mince et qu'elle est traversée de part en part par des bouchons calleux. Chez le *Cucurbita maxima* et le *Cucurbita melanosperma*, je ne crois pas qu'il existe de véritables perforations, mais seulement des mailles d'une substance spéciale interposée entre les filaments entre-croisés de cellulose.

Les îlots semblables répandus à profusion sur les parois longitudinales des cellules appartenant au parenchyme libérien des mêmes plantes présentent absolument les mêmes caractères que ceux des tubes criblés; mais, comme le contenu

de ces éléments est beaucoup moins riche en substances albuminoïdes, les réactifs iodés ne colorent pas la substance des mailles en jaune; ils les laissent presque incolores.

Chez le *Cucurbita melanosperma*, ces cribles situés sur les parois longitudinales radiales affectent une forme ovale (fig. 31, pl. XXII); au contraire ceux du *Cucurbita maxima* sont plus ou moins cunéiformes, avec des bandes transversales qui divisent quelques-uns d'entre eux en deux cribles séparés (fig. 32, pl. XXII). Cette division, qui se produit très probablement par suite de l'accroissement longitudinal des tubes, constitue un phénomène tout à fait identique à la transformation progressive des cribles simples en plages criblées.

L'existence des cribles latéraux n'est pas un caractère spécial aux plantes que nous avons citées plus haut; on rencontre des formations de cette nature chez la plupart des Dicotylédones (Vigne). De plus il existe aussi des cribles latéraux chez les Monocotylédones; le rhizome du *Phragmites communis* nous en a fourni en particulier des exemples très nets; mais ici les cribles latéraux sont beaucoup moins rapprochés et moins nombreux que chez les *Cucurbita*.

D. ANASTOMOSES A TRAVERS LES RAYONS MÉDULLAIRES.

M. Wilhelm a déjà signalé des anastomoses reliant les îlots libériens à travers les rayons médullaires de la Vigne. M. Russow dit en avoir observé aussi chez le *Quercus pedunculata*. Nous pouvons confirmer ce fait pour la Vigne et nous ajouterons qu'il en existe aussi chez les *Rubus*. Les anastomoses de la Vigne (*Vitis vinifera*, *V. Labrusca*, *V. cebennensis*, *V. amurensis*) sont particulièrement intéressantes. Chaque tube (fig. 40, pl. XXIII) présente la longueur d'une cellule de parenchyme; mais ce qu'il y a surtout de remarquable, c'est que chacun de ces tubes présente une et souvent deux cellules-compagnes découpées dans la cellule mère dont le contour se montre encore très nettement. Il se développe d'ailleurs un cal absolument analogue à celui des cribles ordi-

naires. Enfin, dans les cellules voisines se rencontrent encore des cristaux d'oxalate de chaux (fig. 40, pl. XXIII), comme dans les files longitudinales de cellules qui accompagnent les tubes criblés ordinaires.

E. RÉPARTITION GÉNÉRALE DU LIBER.

La répartition générale du liber a été traitée assez longuement par M. Dippel (1) et par MM. Vesque (2) et Hérail (3), pour qu'il soit inutile de revenir ici sur ce mode de répartition. Tout ce que nous aurons l'occasion de dire pour le liber externe s'appliquera au liber interne, quand il en existe un.

Pour ce qui concerne l'arrangement et la disposition des tubes criblés dans le liber, on peut dire qu'il n'existe pas de règle générale chez les Angiospermes.

Presque chez toutes les plantes, les tubes criblés sont disséminés sans ordre apparent dans le parenchyme mou (fig. 1, pl. XXI). Cependant chez certaines plantes dicotylédones, le cambium fournit presque uniquement des tubes criblés associés à des cellules-compagnes. Dans ce cas, si les cellules-compagnes sont latérales, on rencontre sur une section longitudinale radiale des séries parfaitement nettes de tubes criblés, comme chez les Conifères. Cette disposition est surtout fort nette chez les divers *Impatiens* et principalement dans la tige de l'*Impatiens japonica* (fig. 61, pl. XXIV). Il en est encore de même sur le bord des rayons médullaires dans la tige des *Tilia* (fig. 53, pl. XXIV).

Chez presque toutes les autres plantes étudiées, nous avons trouvé les tubes criblés disséminés à peu près sans ordre apparent, surtout dans le liber primaire.

Une disposition remarquable se rencontre dans le liber de la tige des Solanées, Crassulacées, Cactées, etc., où les tubes sont dispersés par petits groupes dans un parenchyme libérien très

(1) Dippel, *Das Mikroskop*.
(2) Vesque, *loc. cit.*
(3) Hérail, *loc. cit.*

développé. La figure 68, planche XXIV, concernant le liber de la tige du *Datura Stramonium*, montre bien cette disposition. On peut reconnaître encore le contour général de la cellule, qui s'est divisée par une ou plusieurs cloisons longitudinales pour donner un tube criblé et une ou plusieurs cellules-compagnes.

Enfin nous ajouterons pour terminer que le liber des racines est presque toujours beaucoup plus riche en parenchyme que le liber des organes aériens (*Rubus*).

F. QUANTITÉS DE LIBER ET TAILLE DES TUBES CRIBLÉS.

Chez les Monocotylédones, la quantité de liber est toujours en rapport avec la quantité de bois contenue dans un organe, puisque chaque faisceau contient à la fois du bois et du liber et en général le développement du liber d'un de ces faisceaux se montre proportionnel au développement du bois.

Pour ce qui concerne les Dicotylédones, il est utile de ne pas confondre le développement du tissu libérien avec sa richesse en tubes criblés ; c'est ainsi que la Glycine a un liber formant une couche épaisse ; mais les tubes criblés bien caractérisés y sont petits et assez peu nombreux. La racine du *Lappa major* possède un liber développé en une couche très épaisse, mais les tubes criblés ne s'y rencontrent qu'en certains points. Au contraire, chez la Vigne, les divers *Cucurbita*, les *Lagenaria*, *Impatiens*, etc., le liber comprend surtout des tubes criblés et des cellules-compagnes avec un parenchyme très réduit.

En règle générale, plus le bois contient de vaisseaux, plus le liber contient de tubes criblés (Vigne, *Cucurbita*, *Ampelopsis*, etc.) ; au contraire, si le bois comprend surtout du parenchyme ou des fibres, le liber ne contient qu'un petit nombre de tubes criblés (racine de *Lappa major*).

On peut se demander aussi s'il existe une relation entre la taille des vaisseaux du bois et celles des tubes criblés. MM. Westermaier et Ambronn (1) ont constaté que chez les

(1) Westermaier und H. Ambronn, *Beziehungen zwischen Lebensweise und Structur der Schling- und Kletterpflanzen* (*Flora*, n° 27, 1881).

plantes grimpantes, les vaisseaux du bois ont un diamètre notablement plus considérable que ceux des plantes dressées. M. Hérail a confirmé ce fait pour un grand nombre de plantes; les exemples suivants sont assez instructifs à cet égard :

	Diamètre des plus gros vaisseaux.
Clematis vitalba (plante grimpante).......	90 μ
Clematis recta (plante dressée)...........	50 μ
Tecoma radicans (plante grimpante).......	130 μ
Tecoma capensis (plante dressée).........	35 μ
Aristolochia Sipho (plante grimpante).....	200 μ
Aristolochia Clematitis (plante dressée)....	70 μ

Cette particularité est due évidemment à ce fait que les tiges grimpantes ou rampantes possèdant un diamètre très faible relativement à la surface des feuilles, la grande taille des vaisseaux doit compenser leur petit nombre pour fournir aux organes foliaires l'eau qu'ils perdent par la transpiration.

MM. Westermaier et Ambronn ont voulu étendre ces résultats aux tubes criblés, en faisant remarquer que les plantes dont on cite généralement les tubes criblés pour leur grande taille sont précisément des plantes grimpantes ou rampantes (*Vitis vinifera*, *Cucurbita Pepo*, *Aristolochia Sipho*, etc.). Les exemples qu'ils citent sont d'ailleurs trop peu nombreux pour justifier la loi qu'ils énoncent.

M. Hérail (1) a repris cette question et les faits qu'il a observés lui paraissent infirmer les vues de MM. Westermaier et Ambronn. D'après lui les *Lonicera* et *Clematis*, quel que soit leur genre de vie, ont un liber absolument identique; de plus certaines plantes grimpantes peuvent présenter des tubes criblés très étroits, tandis que des plantes grasses (*Stapelia*), des plantes aquatiques (*Menyanthes trifoliata*), ou des rhizomes de Monocotylédones, possèdent des tubes à section relativement grande. De ces quelques faits, M. Hérail n'hésite pas à conclure que *la structure et la position particu-*

(1) Hérail, *loc. cit.*

lière des éléments libériens échappent à toute relation physiologique.

Il ne me semble pas que la conclusion de M. Hérail soit plus justifiée que celle de MM. Westermaier et Ambronn. Le fait qu'une plante est dressée, grimpante ou couchée, aérienne ou aquatique, ne domine évidemment pas toute la physiologie du végétal. Pour énoncer une conclusion générale, il eût fallu comparer les diverses conditions d'existence et les principaux caractères d'un grand nombre de plantes à liber bien connu.

Plantes polycarpiennes. — Devant fournir de nouvelles feuilles au printemps, les plantes polycarpiennes accumulent pendant l'été des réserves nutritives dans la tige (1), le rhizome ou même les racines. Quand ces réserves ont à traverser toute la tige aérienne pour s'accumuler dans les tiges souterraines ou les racines, la plante possède habituellement des tubes criblés, nombreux et bien développés. Il suffit, pour se rendre compte de ce fait, de considérer les beaux tubes criblés des *Phragmites*, *Typha*, *Menyanthes trifoliata*, *Ophrys*, *Orchis*, etc.

Pour ce qui concerne les plantes ligneuses polycarpiennes, l'accroissement en diamètre intéressant à la fois toute la longueur des tiges et des racines, il doit exister des tubes criblés nombreux et assez bien développés pour conduire dans toute la plante les substances nécessaires à cet accroissement. C'est en effet ce qu'il est facile de constater chez les diverses Amentacées. Si les feuilles sont grandes et nombreuses, la nutrition est plus active et les tubes criblés sont de plus grande taille (*Tilia*, *Æsculus*, *Juglans*, etc.). Ce caractère s'exagère encore si en même temps les tiges sont très grêles; il est alors facile de constater que le liber contient de très nombreux tubes criblés de grande taille (*Vitis*, *Cissus*, *Tecoma*, *Aristolochia*, *Rubus*, *Rosa*, etc.).

En résumé, chez les plantes polycarpiennes, les tubes criblés sont, en général, d'autant plus nombreux et d'autant mieux

(1) A. Gris, *Comptes rendus*, 26 février 1866; *Id.*, 12 mars 1866.

développés que les réserves s'accumulent dans des organes plus inférieurs de la plante, que les tiges sont plus grêles et les feuilles plus grandes et plus nombreuses.

Plantes monocarpiennes. — Ici les conditions de vie sont toutes différentes ; des réserves ne s'accumulent plus dans des organes inférieurs de la plante, mais seulement dans les fruits et les graines. La nutrition est d'autant plus active que les feuilles sont plus grandes et plus nombreuses, et cette activité se manifeste par la taille qu'acquiert la tige, aussi bien que par le nombre et la grandeur des fruits. En raisonnant ainsi, on arrive facilement à cette conclusion que, parmi les plantes monocarpiennes, celles qui se font remarquer par la grande taille de leur tige, de leurs feuilles et de leurs fruits, doivent posséder de nombreux tubes criblés, bien développés, pour conduire à destination les substances assimilées dans les feuilles. Et l'observation vient confirmer pleinement ces prévisions (*Cucurbita*, *Lagenaria*, *Ricinus*, *Impatiens*, etc.). En général on peut dire qu'une plante herbacée qui produit dans le cours de son unique année d'existence de grandes feuilles, une tige forte et noueuse, possède presque sûrement de grands tubes criblés.

Des quelques notions que nous venons d'acquérir, il paraît résulter que le développement et le nombre des tubes criblés se montrent généralement en rapport avec la surface foliaire. Or, habituellement, plus cette surface est grande, plus la plante perd d'eau par ses feuilles, et plus la circulation des liquides doit être active dans les vaisseaux du bois. On en conclura facilement que les plantes dont le bois se montre riche en vaisseaux doivent être aussi bien partagées au point de vue des tubes criblés, et réciproquement. Ainsi, chez les *Vitis*, *Cucurbita*, *Catalpa*, *Ampelopsis*, *Ricinus*, etc., le bois se montre très riche en vaisseaux et le liber en tubes criblés. Chez les *Senecio crassifolia*, *Tanacetum vulgare*, *Lappa major* (racine), le bois est pauvre en vaisseaux ; aussi le liber contient-il relativement peu de tubes criblés.

Au point de vue de la taille des tubes criblés et surtout de

leur diamètre, MM. Westermaier et Ambronn ont cru pouvoir avancer que les plantes grimpantes et couchées possèdent les plus gros tubes criblés. Comme nous l'avons déjà dit, il ne nous paraît pas légitime de donner la prédominance à ce facteur. Le nombre et la grandeur des feuilles, la quantité de liber contenue dans la tige, le lieu d'élection des réserves, la taille et les affinités de la plante doivent aussi entrer en ligne de compte. Nous pouvons dire, en règle générale, que les tubes criblés possèdent un diamètre d'autant plus grand que les vaisseaux du bois sont eux-mêmes plus gros. Le tableau suivant montre cette relation chez quelques plantes pourvues de gros vaisseaux :

NOMS DES PLANTES	DIAMÈTRE des PLUS GROS VAISSEAUX du bois	DIAMÈTRE DES PLUS GROS TUBES CRIBLÉS
Cucurbita melanosperma	230µ	40-50µ
Vitis vinifera	140µ	36µ
Vitis cebennensis	118µ	28µ
Impatiens japonica	117µ	23µ
Ricinus communis	95µ	38µ
Catalpa syringæfolia	75µ	23µ
Tecoma radicans	66µ	32µ

Cette relation n'existe pas pour les Papilionacées. Leurs tubes criblés restent très petits, quelle que soit d'ailleurs la taille des vaisseaux du bois (Glycine). Il existe peut-être une relation entre cette particularité et la propriété curieuse que présentent ces plantes, de développer sur leurs organes souterrains des tubercules spéciaux, sortes de fabriques de matières albuminoïdes, qui dispenseraient la tige de porter dans ces organes souterrains les matières albuminoïdes nécessaires à leur accroissement.

En résumé, s'il n'est pas légitime de conclure, avec MM. Westermaier et Ambronn, qu'en règle générale les plantes grimpantes possèdent les plus gros tubes criblés, il n'est pas non plus possible d'admettre la conclusion négative

formulée par M. Hérail. Nous nous trouvons en présence d'un problème complexe à données multiples; parce qu'on n'a tenu compte que de quelques-unes de ces données et que la solution complète du problème nous a échappé jusqu'ici, ce n'est pas une raison pour méconnaître la possibilité de trouver un jour cette solution.

G. LE LIBER DES FEUILLES.

Les principales recherches entreprises jusqu'à ce jour sur la structure du liber n'envisagent guère que le liber des tiges, des rhizomes et des racines. Le liber des feuilles a généralement été écarté de ces recherches. La difficulté devient d'ailleurs plus grande, car les tubes criblés des feuilles sont généralement beaucoup plus petits que ceux de la tige ou des racines. Cependant la bibliographie botanique possède sur ce sujet un travail entrepris par M. Alfred Fischer (1) et qui porte sur un ensemble d'environ soixante plantes. L'auteur s'est principalement proposé de fixer nos connaissances sur le mode de terminaison des faisceaux libériens dans les feuilles. Il a trouvé que dans les nervures des feuilles, le diamètre des cellules-compagnes diminue en même temps que celui des tubes criblés, mais que ce décroissement est plus rapide pour les tubes criblés que pour les cellules-compagnes. Nous avons constaté, comme M. Fischer, que les éléments accompagnant les tubes criblés dans les fines nervures des feuilles sont plus développés que les tubes; mais nous ne saurions affirmer que ce sont des cellules-compagnes, car il faudrait pour cela suivre le développement. M. Fischer ne dit pas avoir étudié le cloisonnement des éléments générateurs des tubes criblés ; nous ne saurions donc accueillir les faits qu'il avance qu'avec une certaine réserve.

Les observations que nous avons à signaler sont peu nombreuses, car le liber des feuilles nous a paru d'une désolante

(1) Fischer, *loc. cit.*

monotonie. Ces faits peuvent être résumés de la façon suivante :

1° Quelle que soit la forme des tubes criblés dans la tige et dans la racine, ceux des feuilles (limbe et pétiole), appartiennent toujours au type de la Courge (fig. 55, pl. XXIV).

Nous avons constaté ce fait dans toutes les plantes étudiées (voy. Russow, p. 205) et particulièrement chez les *Vitis*, *Tilia* et les diverses Amentacées. Même dans les cas de complication extrême des tubes criblés (*Quercus*), on trouve toujours dans les feuilles des cloisons terminales à un seul crible, transversales ou du moins peu inclinées. Les cloisons présentent déjà ce caractère dans les traces foliaires et la conservent dans toute la longueur de l'organe (Vigne) ;

2° Le liber des feuilles est toujours plus développé par rapport au bois que celui des tiges, et celui-ci plus que celui des racines ;

3° Relativement à l'extension des faisceaux libériens, les tubes criblés sont en plus grand nombre que dans les autres organes de la plante ;

4° L'inégalité des cloisons séparant les tubes criblés des cellules-compagnes est surtout manifeste dans le liber des feuilles (*Quercus*) ;

5° Il se développe des plaques calleuses à l'automne sur les cribles des feuilles et ce cal persiste dans les feuilles tombées ; ce fait tend à démontrer que le cal ne peut être considéré comme une substance de réserve.

CHAPITRE IV

DÉVELOPPEMENT DES PAROIS CRIBLÉES

Comme on a pu le voir dans la partie historique de ce travail, le développement des cribles n'est pas décrit de la même façon par MM. Wilhelm (1), de Janczewski (2)

(1) Wilhelm, *loc. cit.*, p. 198.
(2) De Janczewski, *loc. cit.*, p. 130 et suivantes.

et Russow (1) (voy. p. 202). Pour les deux premiers, la cloison destinée à devenir un crible se montre d'abord complètement lisse et *formée uniquement de cellulose*. Puis elle se couvre de petits mamelons réfringents symétriques de chaque côté de la membrane; ces mamelons grossissent rapidement et se rapprochent les uns des autres; le chloro-iodure de zinc les colore en *brun*. A ce moment le réseau cellulosique serait recouvert d'une couche de substance calleuse (substance des mamelons) si mince que les réactifs ne peuvent encore révéler sa présence; puis les mamelons calleux se dissolvent et laissent les mailles à découvert; enfin, la cloison se perfore aux points tout d'abord occupés par les mamelons et les deux éléments voisins se trouvent être en communication.

En résumé, MM. de Janczewski et Wilhelm admettent que la cloison, d'abord cellulosique dans toute son étendue, n'est pas ponctuée avant le développement des mamelons calleux et que ceux-ci proviennent d'une modification locale de la cellulose.

Quant à M. Russow, il a été conduit par ses recherches à une conclusion toute différente, mais que M. de Janczewski avait déjà adoptée à la suite de ses premiers travaux. M. Russow s'exprime de la façon suivante : « La portion de membrane qui doit plus tard se transformer en un crible *est déjà ponctuée avant l'apparition du cal* ; la substance calleuse se sépare dans ses petites dépressions, mais *non par la transformation de la cellulose*, comme M. Wilhelm l'a affirmé avec quelques réserves et M. de Janczewski avec une entière certitude. »

M. Russow a pu voir chez la Courge la cloison pourvue de ponctuations dès avant la première apparition du cal; puis il a vu celui-ci s'établir simultanément de chaque côté de la membrane, au niveau de ces ponctuations, sous la forme de petites écuelles à contour vaguement polygonal. Il fait remarquer en

(1) Russow, *loc. cit.*, p. 198.

passant que cette forme polygonale serait inexplicable si le cal provenait d'une transformation locale de la cellulose. Enfin, la preuve la plus importante qu'il apporte à l'appui de son assertion, c'est que dans certaines plantes (Courge), le cal peut acquérir un volume dépassant plus de cent fois celui du crible sans qu'il soit possible de constater une diminution d'épaisseur de ce dernier.

M. Russow n'a pas réussi d'ailleurs à observer la dissolution de la lame de cellulose entre les deux cuvettes calleuses de chaque paire, ni la formation des filaments connectifs traversant le crible pour réunir les contenus de deux éléments voisins.

Il n'est peut-être pas inutile de discuter en passant les opinions que nous venons de résumer.

A la manière de voir énoncée par MM. de Janczewski et Wilhelm, on peut opposer les objections suivantes :

1° Si le cal est simplement la cellulose de la cloison transformée chimiquement en certains points et si la cellulose forme elle-même une couche homogène, on ne voit pas la raison pour laquelle la cellulose ne se transformerait pas en cal sur toute son étendue, ou au moins ne se transformerait pas d'une façon irrégulière ; dans cette théorie, la forme polygonale des ponctuations reste donc inexplicable ;

2° Dans tous les cas observés, le réseau cellulosique ne diminue pas d'épaisseur à mesure que le cal se développe ; l'emploi des colorants de la cellulose ne laisse aucun doute à cet égard ; d'ailleurs la figure 2, planche XXI, empruntée au liber du *Cucurbita Pepo*, montre la membrane cellulosique restant intacte entre les deux plaques calleuses écartées du crible par l'action de l'alcool ;

3° M. de Janczewski n'a pu arriver à expliquer par quelle action spéciale la membrane cellulosique se trouverait transformée chimiquement en certains points de son étendue.

L'opinion émise par M. Russow ne nous paraît pas plus satisfaisante :

1° Si le cal est exclusivement formé par des dépôts prove-

nant de la différenciation du contenu des tubes, la cloison doit être complètement perforée avant le dépôt de la substance calleuse. M. Russow ne dit pas avoir observé ce fait et pour ma part je le conteste formellement;

2° M. Russow dit seulement qu'il existe de petites dépressions se correspondant de chaque côté de la membrane cellulosique primitive; il en résulte que la cellulose doit être remplacée par de la substance calleuse dans les points où s'établissent des perforations; nous revenons ainsi à la manière de voir formulée par M. de Janczewski, car la cellulose ne peut évidemment disparaître sans transformation;

3° Quoi qu'en dise M. Russow, sa théorie n'explique pas plus que celle de MM. de Janczewski et Wilhelm la forme polygonale des ponctuations.

Il m'a paru intéressant de reprendre cette étude du développement des cribles. L'examen de quelques plantes va nous permettre d'exposer une manière de voir en contradiction formelle avec celle de nos devanciers.

Cucurbita maxima. — Dans les faisceaux de la tige, les tubes criblés sont très grands et se prêteraient facilement à une étude suivie des phases successives par lesquelles passe la cloison destinée à devenir un crible. Malheureusement le peu de consistance de la tige rend les observations très délicates, car les cloisons transversales se replient généralement sous le verre de la préparation ou se présentent obliquement si les sections ne sont pas extrêmement minces.

En section transversale, la cloison m'a paru d'inégale épaisseur dès le début de l'existence du tube; les dépressions se correspondent deux à deux de chaque côté de la membrane, mais *celle-ci n'est pas perforée de part en part.*

Par l'action du chlorure de zinc iodé, la membrane m'a paru se colorer en bleu dans toute son étendue, mais d'une façon très inégale, les points les plus colorés se trouvant être les parties saillantes de la membrane. Le chlorure de zinc iodé ne colorant bien la cellulose qu'après une action prolongée, j'ai trouvé très avantageux de le remplacer par d'autres réactifs

dont l'effet se produit immédiatement. Ces réactifs, que je dois à l'obligeance de mon ami M. Mangin, sont le *chlorure de calcium iodé* qui colore la cellulose en rose foncé et le *bichlorure d'étain iodé* qui lui communique une coloration bleu violet intense. Ces colorations se produisent encore avec une intensité beaucoup plus grande, si on a eu soin de plonger pendant quelques minutes les coupes à observer dans la solution cupro-ammoniacale (1).

A l'aide de ces deux réactifs, employés concurremment j'ai pu m'assurer qu'en réalité la cloison décrite plus haut n'est formée de cellulose que dans ses parties saillantes; le reste de la membrane ne se colore pas (fig. 21, pl. XXII); si le chlorure de zinc iodé a pu fournir un résultat différent, c'est que son action ne se produisant que très lentement, la coloration s'étend peu à peu par diffusion dans la partie non cellulosique de la membrane.

D'ailleurs par l'action du bleu d'aniline on constate facilement que la cloison se colore en bleu au niveau des dépressions. En ces points, la membrane n'est donc pas de nature cellulosique.

De face, sous l'action des chlorures d'étain et de calcium iodés, la cloison se montre formée d'un réseau de cellulose et les mailles de ce réseau ne présentent pas la coloration de la cellulose (fig. 9, pl. XXI).

A un état un peu plus avancé, les régions non cellulosiques de la cloison se gonflent et font saillie sur chacune des faces (fig. 12, pl. XXII); en même temps, le bleu d'aniline leur communique une coloration de plus en plus intense; cette coloration ne tarde pas à s'exagérer suivant l'axe de ces espèces de bouchons qui occupent les mailles de la cloison (fig. 10, pl. XXI); le contenu des deux tubes paraît alors réuni par cette bande bleue, qui envahit le bouchon de proche en proche et finit par le remplacer presque complètement. Il est facile

(1) Il est nécessaire de laver ensuite les coupes dans de l'eau additionnée d'un peu d'acide acétique avant de faire agir les réactifs colorants.

de mettre en évidence les filaments muqueux qui traversent le crible, en dissolvant celui-ci à l'aide de l'acide sulfurique. C'est ce que montre bien la figure 11, planche XXII, empruntée au liber du *Cucurbita Pepo;* la gelée interne fortement contractée se voit par transparence à travers la mince couche de protoplasme pariétal. La communication est alors largement ouverte entre les deux éléments superposés (1).

La Vigne et le Tilleul nous ont fourni les mêmes résultats.

Impatiens japonica. — L'étude du liber de la tige se prête assez facilement à l'observation des phénomènes précédant la formation des cribles. D'abord les tubes criblés ont un diamètre relativement grand, ce qui est facile à prévoir d'après la taille qu'atteignent les tiges dans le courant d'une année, aussi bien que par le diamètre considérable des vaisseaux ligneux. Une autre raison vient encore faciliter l'observation ; en effet beaucoup de ces tubes sont disposés en séries radiales, de telle sorte qu'une section longitudinale radiale montre côte à côte de nombreux tubes aux phases les plus diverses de leur développement (fig. 61, pl. XXIV).

La cloison qui doit devenir un crible est ici beaucoup moins large que chez le *Cucurbita maxima* cité précédemment. Les ponctuations des tubes en pleine activité sont aussi beaucoup plus fines et beaucoup plus rapprochées. A cette différence près, les phases sont exactement identiques à celles que nous avons décrites pour l'exemple précédent.

Arrivé à sa période d'activité, le tube possède des cloisons transversales à ponctuations très fines. Or ces ponctuations observées à un grossissement suffisant se montrent formées d'une substance spéciale, différente de la cellulose, mais en

(1) Cette libre communication entre deux tubes voisins paraît indéniable si on se reporte aux nombreux exemples de filaments muqueux ou de gouttelettes passant à travers les ponctuations. Mais il faut bien remarquer que le même aspect pourrait être produit si les mailles étaient encore occupées par une membrane extrêmement ténue de substance très perméable. Chez le *Cucurbita melanosperma*, par exemple, après l'action de l'eau de Javel, j'ai cru voir une membrane extrêmement délicate, ne se colorant pas comme la cellulose et occupant les mailles des cribles.

continuité avec la cellulose du réseau qui sépare les mailles. Il semble que dans l'*Impatiens* la substance primitive des bouchons ne soit pas remplacée totalement par celle qui passe d'un élément à l'autre.

Encore un pas et nous trouverons des plantes chez lesquelles les mailles des cribles seront toujours fermées; c'est précisément le cas des Gymnospermes. Pendant la période d'activité, les cribles de ces plantes ne sont jamais ouverts. La même observation s'appliquerait bien évidemment à un grand nombre de Dicotylédones et de Monocotylédones à ponctuations extrêmement fines. La dissolution des membranes n'y laisse subsister aucun filament muqueux réunissant le contenu d'un élément à celui de l'élément voisin. Cette absence de filaments est-elle due à leur extrême ténuité, qui ne leur permettrait pas de résister au moindre tiraillement, ou bien plutôt ces filaments font-ils véritablement défaut? C'est cette dernière opinion que des observations répétées me portent à adopter de préférence. Mais en raison même de la ténuité de ces objets, il n'est pas possible de se prononcer ici avec une entière certitude.

Les faits que nous venons d'énoncer vont nous permettre d'expliquer les diverses phases de la formation des cribles. Nous décrirons tout d'abord le développement d'un crible simple, comme celui de la Courge; la fin du présent chapitre sera consacrée à l'étude de la genèse des plages criblées.

La membrane destinée à devenir un crible, comme toutes les autres membranes extrêmement jeunes, n'est pas tout d'abord constituée par de la cellulose, mais par une substance probablement de nature azotée que ne colore pas le chlorure de calcium iodé. Mais bientôt cette cloison s'incruste de cellulose; cette transformation partielle ne se produit pas sur toute la membrane; la cellulose se dispose en filaments entrecroisés limitant des mailles, les ponctuations des cribles futurs. Les filaments cellulosiques sont recouverts sur les deux faces de la membrane par la substance constituante de la cloison primitive; de plus les mailles qu'ils circonscrivent sont

occupées par cette même substance. La membrane est toujours continue, mais sa composition chimique est devenue hétérogène ; l'épaisseur de la membrane est devenue plus grande dans les points qui correspondent aux filaments de cellulose.

Les contenus des deux éléments séparés par cette cloison hétérogène ne tardent pas à diffuser à travers les mailles. Celles-ci en effet, constituées par une substance probablement azotée, dans tous les cas différente de la cellulose, forment dans la membrane des îlots plus perméables que les fines bandes cellulosiques.

Si les contenus de ces deux éléments voisins sont très riches en albumine, et si, d'autre part, les mailles présentent une grande surface, l'échange osmotique qui se produit à travers ces mailles présente une grande énergie. Bientôt la substance constituante de chacune d'elles se trouve remplacée par l'albumine des tubes, suivant l'axe de l'espèce de bouchon qui remplit cette maille; puis ce courant, d'abord osmotique, devenu ensuite un véritable filament albuminoïde, traversant un canal, élargit peu à peu son chemin. A ce moment, non seulement le crible peut être traversé par le liquide épais des tubes, mais le protoplasme pariétal peut pénétrer dans les ponctuations et communiquer d'un tube à l'autre. La marche que nous venons d'esquisser est précisément applicable à la Courge. Mais la série des transformations du crible peut s'arrêter plus tôt. Chez l'*Impatiens japonica*, le courant, passant d'un tube à l'autre, ne se présente que sous la forme de filaments très ténus, situés dans l'axe des bouchons qui remplissent les mailles.

Le développement peut même s'arrêter plus tôt encore; c'est le cas des Gymnospermes et probablement aussi d'un grand nombre d'Angiospermes. Les mailles, toujours constituées par la substance primitive de la membrane, sont seulement alors des points privilégiés offrant aux échanges osmotiques d'un tube à l'autre un terrain plus favorable que le reste de la membrane.

Il nous reste à montrer que cette théorie, en complète con-

formité avec les faits que nous avons énoncés plus haut, se trouve confirmée par un certain nombre d'autres considérations.

1° L'existence d'une membrane primitive non cellulosique excrétée par le protoplasme après la division du noyau a été signalée déjà par M. Dippel (1) pour les nouvelles cellules provenant d'un méristème secondaire. M. Baranetzki (2) pense au contraire que, pour ce qui concerne le méristème primaire, les parois les plus jeunes se colorent déjà par le chlorure de zinc iodé, à l'exception d'une très mince couche mitoyenne. Je ne crois pas, pour ma part, qu'il puisse exister une telle différence entre les tissus provenant des méristèmes primaires et secondaires. J'ai trouvé, dans les méristèmes secondaires, des membranes très jeunes, ne prenant aucune coloration par le chlorure de zinc iodé, ou, mieux encore, par le bichlorure d'étain iodé. Mais, à mesure que ces membranes s'éloignent de la région en voie de division, elles prennent une coloration qui se prononce de plus en plus. Vues de face, elles n'offrent pas une coloration uniforme, mais présentent des bandes colorées qui s'entre-croisent et circonscrivent un grand nombre de mailles polygonales. M. Baranetzki ne paraît pas avoir étudié de face ces membranes très jeunes et présentant déjà un réseau cellulosique. D'ailleurs, les eût-il étudiées, les résultats resteraient les mêmes, car le chlorure de zinc iodé, dont il s'est servi exclusivement, ne donne une coloration bien nette qu'après une action prolongée, pendant la durée de laquelle les filaments cellulosiques se gonflent et empiètent sur les mailles qu'ils circonscrivent; il en résulte une coloration presque uniforme de la membrane qui paraît tout au plus marbrée. Au contraire, le chlorure de calcium et le bichlorure d'étain iodés fournissant une coloration presque instantanée, les filaments cellulosiques n'ont pas le temps de se gonfler, et le réseau cellulosique apparaît beaucoup plus net.

(1) Dippel, *Die neue Théorie*, etc., p. 47, 53, 54.

(2) J. Baranetzki, *Épaississement des parois des éléments parenchymateux* (*Ann. sc. nat.*, 7e série, t. IV, 1886).

Faut-il ajouter que M. Baranetzki paraît se contredire lui-même quand il décrit des membranes âgées avec des places amincies non cellulosiques? La cellulose devrait donc en ces points se transformer en une autre substance. Que penser de cette cellulose se formant si rapidement pour disparaître si tôt?

Les résultats obtenus successivement par MM. Wiesner (1), Strasburger (2), Guignard (3), Went (4), etc., sur la formation des membranes laissent croire que la membrane primitive peut ne pas être constituée par de la cellulose. Mes propres observations confirment pleinement ce fait; il me paraît, dans tous les cas, définitivement acquis que les points des membranes qui doivent devenir les ponctuations des cribles ne sont constitués par de la cellulose à aucune phase de leur existence. M. Van Tieghem admet que les ponctuations des cellules du parenchyme sont bouchées par une membrane azotée primitive, et que les « protoplasmes voisins communiquent plus librement entre eux que partout ailleurs sans être pour cela en continuité directe (5) ».

Quelle est la nature chimique de cette membrane primitive? Est-elle la même que celle des bouchons qui remplissent les mailles des cribles nouvellement formés? Je ne saurais le dire, car les réactions micro-chimiques sont parfois trop délicates pour qu'on puisse en tirer des conclusions certaines. Peut-être est-ce simplement du pectate de chaux, comme celui qui a été décrit par M. Fremy, formant une sorte de ciment qui relie entre elles les cellules de parenchyme.

2° Les faits signalés par M. de Janczewski lui-même concernant le développement des cribles du *Phragmites* (rhizome)

(1) Wiesner, *Untersuchungen über die Organisation der vegetabilischen Zellhaut* (*Comptes rendus Acad. Vienne*, 1886, p. 17).

(2) Strasburger, *Controversen*, etc., Bonn., 1884; — *Histologische Beiträge*, 1889.

(3) Guignard, *Nouvelles recherches sur le noyau* (*Ann. des sc, nat.*, 1885).

(4) Went, *Beobachtungen über Kern. und Zelltheillung* (*Berichte der Deutsch. Bot. Gesell.*, 1887, Band V, Heft. 7).

(5) Van Tieghem, *Éléments de botanique*, p. 20, 1886.

sont en parfaite conformité avec ce que nous avons dit à propos des Dicotylédones. « En coupe verticale une cloison paraît être composée de particules intermittentes, dont les unes sont plus réfringentes et plus épaisses que les autres; on pourrait la prendre pour un crible achevé, si l'on ne prêtait l'attention nécessaire à sa structure. » Comme on le voit, M. de Janczewski a vu comme nous la membrane avec une structure hétérogène. Il admet, d'après l'action des réactifs iodés, qu'elle est cependant composée uniquement de cellulose. Mais alors cette cellulose des îlots présenterait une nature et des caractères optiques spéciaux; elle ne serait pas analogue à la cellulose ordinaire; il est dès lors impossible de prouver que cette substance possède la même composition que la cellulose. Une réaction colorante ne suffit pas pour fixer la nature chimique d'un objet si petit. Les analyses chimiques de tissus végétaux, dues à MM. Fremy et Urbain, prouvent suffisamment que les membranes dites cellulosiques n'ont pas une composition uniforme, qu'il existe dans ces membranes des substances différentes de la cellulose, et auxquelles ces chimistes ont assigné des noms particuliers. En présence de ces résultats, il ne me semble pas qu'une substance incrustée dans une membrane de cellulose, mais possédant des caractères particuliers bien nettement visibles, puisse d'une façon irréfutable être assimilée à de la cellulose.

3° Notre manière de voir sur la formation des cribles est pleinement confirmée par les travaux de M. J. Baranetzki (1). Sur soixante espèces étudiées, ce botaniste a trouvé que vingt à peine possèdent des ponctuations arrondies sur les parois transversales du parenchyme, mais que l'épaississement est produit par l'apparition de filaments entre-croisés de cellulose laissant entre eux des mailles plus ou moins grandes. Les cloisons destinées à devenir des cribles ne se comportent donc pas autrement que les cloisons transversales du parenchyme voisin.

(1) Baranetzki, *loc. cit.*, p. 138 et suivantes.

4° Le mode de développement que nous avons décrit explique seul la forme polygonale des ponctuations. MM. Wilhelm, de Janczewski et Russow n'avaient pas réussi à fournir une explication satisfaisante de cette particularité.

5° M. Russow a montré que certains cribles simples occupent presque toute la surface de la cloison (*Fraxinus excelsior*, *Ulmus montana*, *Aristolochia Sipho*, *Atragene alpina*, etc.), tandis que chez d'autres plantes la paroi plus ou moins inclinée ne consacre à la formation du crible qu'une portion de sa surface (*Rhamnus cathartica*, *Berberis vulgaris*, etc.). Or il résulte des recherches de M. Baranetzki que les filaments cellulosiques sont toujours renflés à leurs deux extrémités. Si ces renflements sont assez considérables et assez rapprochés, la membrane paraît homogène. C'est précisément ce qui arrive pour le *Berberis vulgaris* et le *Rhamnus*, où les cribles n'occupent qu'une partie de la paroi, celle qui est occupée par les portions minces des filaments cellulosiques. Si ces renflements sont très peu accentués, le crible paraît occuper toute la paroi; c'est le cas des *Fraxinus*, *Ulmus*, etc.

6° Les cloisons longitudinales des tubes criblés des divers *Cucurbita*, du *Vitis vinifera*, etc., observées à un grossissement considérable, se montrent formées de couches d'inégale réfringence. Or cette disposition s'explique assez bien si l'on admet, avec M. Baranetzki, que plusieurs plans de fibres cellulosiques peuvent se trouver superposés dans une même membrane. Je n'ai pas eu l'occasion de vérifier directement ce fait par moi-même; mais les preuves qu'en donne l'auteur m'ont paru concluantes. Chaque couche se colorant fortement par les chlorures iodés serait constituée par de la cellulose, tandis que les bandes intermédiaires seraient formées d'une substance non cellulosique. Or on voit facilement, par la fignre que nous en donnons (fig. 15, pl. XXII), que ces bandes cellulosiques deviennent extrêmement ténues dans les points où la membrane est très mince. Il en résulte que les mailles entre ces derniers filaments seraient relativement grandes et

permettraient la communication des contenus appartenant aux deux éléments voisins; or nous avons précisément constaté cette communication.

7° Notre manière de voir établit non seulement un lien entre les vrais cribles des tubes de *Cucurbita*, *Vitis*, *Tilia*, etc., d'une part, et les ponctuations du parenchyme d'autre part; mais elle constitue une théorie générale expliquant toutes les apparences diverses présentées par les cribles dans la série des plantes vasculaires.

Les tubes criblés des Gymnospermes deviennent simplement analogues à des cellules de parenchyme allongées suivant l'axe de l'organe et pourvues sur leurs cloisons transversales de bandes cellulosiques formant un réseau dont les mailles sont occupées par la substance primitive de la membrane. Le contenu de ces tubes étant très aqueux, la communication se fait par simple diffusion, et la substance des mailles reste intacte, bien qu'elle soit constamment traversée par un courant osmotique.

Chez beaucoup de Monocotylédones et de Dicotylédones à tubes criblés pauvres en albumine et ne possédant d'ailleurs que des cribles à mailles très étroites, il ne se passe pas autre chose que ce que nous avons décrit chez les Gymnospermes. En un mot, les cribles ne sont pas ouverts pendant la période d'activité.

Mais, si nous considérons maintenant les plantes dont les tubes criblés contiennent un liquide très épais en même temps que leurs cloisons criblées offrent des mailles très larges, le courant osmotique atteint une grande énergie, et, peu à peu, la substance formant l'axe des mailles, se laisse traverser par une traînée de liquide épais qui se fraye un chemin de plus en plus large. Si alors on dissout les cloisons, les contenus se montrent reliés par des filaments muqueux (fig. 11, pl. XXII). C'est ce qu'il est facile de constater chez les *Cucurbita*, *Vitis*, *Tilia*, *Lagenaria*, etc.

Les tubes criblés de ces dernières plantes deviennent, avec notre manière de voir, une simple exagération de ce qui existe

chez la plupart des cellules appartenant au parenchyme mou.

8° Enfin la théorie que nous avons énoncée concernant le développement des tubes criblés se trouve non seulement en conformité avec les principaux faits acquis, mais elle nous a permis d'expliquer une transformation que nous avions constatée depuis assez longtemps déjà et qui nous paraissait inexplicable.

En étudiant le développement des tubes criblés chez la Vigne et le Tilleul, nous avons remarqué en effet que tous les tubes à l'origine appartiennent au type de la Courge, c'est-à-dire qu'ils sont séparés par des cloisons transversales ou peu inclinées, pourvues d'un seul îlot de mailles non transformées en cellulose (fig. 36, pl. XXIII); puis peu à peu ces cloisons deviennent inclinées et s'allongent; en même temps chacun des îlots se fragmente et en fin de compte la cloison plus ou moins inclinée finit par en contenir de deux à dix ou douze (fig. 37 et 38, pl. XXIII).

La théorie émise par M. Russow pour le développement des cribles se trouvait ici en défaut, puisque des ponctuations apparaissaient en des points où ne paraissait exister aucune dépression dans la membrane primitive. Celle de M. de Janczewski était insuffisante, car elle n'expliquerait en aucune façon le développement des bandes de cellulose transversales sur le grand axe de la cloison et qui découpent cette cloison en un certain nombre d'îlots pourvus de mailles. Nous pouvons maintenant décrire les phases de cette curieuse transformation. Sous l'effet de la tension qui s'exerce suivant une direction déterminée, la cloison primitive s'incline, s'allonge et se transforme en une sorte d'ellipse très allongée. Les parties les moins résistantes de cette membrane, c'est-à-dire les mailles circonscrites par les cordons cellulosiques, doivent nécessairement participer pour une plus large part que le reste de la cloison à cette extension. De nouvelles bandes de cellulose se forment, qui découpent chacune de ces mailles, les plus larges et les plus serrées formant des bandes compactes de cellulose le plus souvent perpendiculaires au grand axe de

la cloison et séparant les îlots nouvellement formés. Or M. Baranetzki a montré en effet que dans le cas de l'extension d'une membrane de cellule suivant une direction, les bandes cellulosiques nouvellement formées ont une tendance à se placer perpendiculairement au grand axe de cette cloison.

Ceci nous explique donc à la fois et la formation des bandes transversales de cellulose, et la multiplication des mailles, et la forme polygonale de ces mailles.

Les observations que j'ai faites à ce sujet ne se rapportent qu'à la Vigne et au Tilleul ; la difficulté de ce genre d'études ne m'a pas permis de les étendre davantage. Mais, si on veut bien se rappeler ce qui a été dit à propos de l'existence fréquente dans une même tige de tubes appartenant à des types différents et si on en rapproche le fait que les tubes primaires très jeunes appartiennent au type de la Courge, on conviendra sans peine que les différences signalées entre les tubes des plantes herbacées et ceux des plantes ligneuses ne doivent être attribuées probablement qu'aux tensions qui se développent dans ces dernières.

CHAPITRE V

DÉVELOPPEMENT, FORME, STRUCTURE ET PRINCIPALES RÉACTIONS DU CAL

Les notions historiques rappelées dans le chapitre précédent nous ont montré quelle est, pour MM. Wilhelm, de Janczewski et Russow, l'origine première du cal ; il nous reste à dire l'explication qu'ils fournissent de son développement ultérieur.

M. de Janczewski (1) a vu dans les rhizomes de *Phragmites* les bouchons calleux se gonfler peu à peu, faire saillie de chaque côté de la membrane et confluer latéralement pour donner un callus général entourant de toutes parts le réseau cellulosique. Chez l'*Aristolochia Sipho*, le réseau cellulosique

(1) De Janczewski, *loc. cit.*

est recouvert d'une mince couche de substance calleuse qui se gonfle, rétrécit les ponctuations et finit par les faire disparaître complètement, pour former de chaque côté de la cloison criblée une plaque calleuse homogène. Pour ce qui concerne la Vigne, M. de Janczewski a cru voir la membrane tout entière se gonfler et les lamelles cellulosiques disparaître avant la perforation des bouchons calleux. Il est vrai que la membrane s'épaissit, mais ce gonflement n'intéresse que les bouchons non cellulosiques des mailles et la mince couche de la même substance qui recouvre les filaments de cellulose sur les deux faces de la cloison; si M. de Janczewski n'a pu retrouver le réseau cellulosique, c'est que probablement il n'a pas attendu la pénétration complète du réactif colorant. Quant au développement ultérieur du cal, M. de Janczewski le décrit comme celui de l'Aristoloche.

Le mémoire de M. Russow que nous avons cité plus haut contient bien une nouvelle manière de voir, concernant les premières phases du développement du cal, mais l'auteur n'a pas décrit son accroissement ultérieur.

En résumé, pour M. de Janczewski, auquel on doit les observations les plus complètes sur ce point, il existe deux modes distincts pour la formation des plaques calleuses. Chez le *Phragmites*, des bouchons se forment au niveau des mailles du crible, se gonflent et finissent par confluer de chaque côté en une plaque homogène. Chez la Vigne, le Tilleul, etc., les filaments du réseau cellulosique se gonflent à leur surface et finissent par obstruer complètement les ponctuations en formant une plaque de chaque côté de la cloison. En réalité, la différence entre ces deux modes de développement n'est pas aussi grande qu'on pourrait le croire; nous espérons le démontrer un peu plus loin.

Les observations que nous avons pu faire sur les tubes criblés des *Vitis vinifera* (tige et feuille), *Vitis canescens* (tige et feuille), *Aristolochia Sipho*, *Cucurbita Pepo*, *C. melanosperma* et *C. maxima*, *Tilia platyphylla*, *Impatiens japonica* et *I. Royleana*, etc., nous ont montré qu'en effet, comme M. de

Janczewski l'a décrit pour la Vigne, la cloison s'épaissit avant l'établissement des perforations. Mais à l'encontre de ce qu'il a cru remarquer, nous avons toujours constaté que le réseau cellulosique ne disparaît point pendant cet épaississement temporaire; il se trouve seulement recouvert par une couche plus épaisse de substance non cellulosique. Nous ne saurions trouver une preuve plus directe de ce que nous avons dit dans le chapitre précédent à propos des échanges osmotiques auxquels se prête la substance non cellulosique du futur crible avant l'établissement des perforations. Cette substance, se laissant pénétrer peu à peu par le contenu des deux tubes voisins, se gonfle tout d'abord même dans les points où elle recouvre directement les filaments cellulosiques; puis, si les mailles sont larges et les contenus riches en substances albuminoïdes, des canaux se creusent au centre des mailles par remplacement progressif et non par pénétration de filaments muqueux comme le croit M. de Janczewski. Alors la substance non cellulosique revêtant les filaments de cellulose ne sert plus aux échanges d'un tube à l'autre, puisque ces échanges se font directement; elle se contracte sur elle-même et ne forme plus qu'une couche presque imperceptible à la surface du réseau cellulosique.

Chez les autres Dicotylédones, où il ne m'a pas été possible de mettre en évidence de véritables perforations, j'ai toujours trouvé la cloison notablement plus épaisse que toutes les autres. C'est que les échanges osmotiques existant seuls ici, la partie non cellulosique conserve le premier état de gonflement que nous avons décrit plus haut pour la Vigne, la Courge, etc. Non seulement les cribles terminaux subissent ce gonflement préliminaire, mais encore lescrib les latéraux tels que ceux que l'on trouve en grand nombre sur les parois longitudinales des tubes criblés appartenant aux divers *Cucurbita*. C'est ce qui produit l'aspect représenté par les figures 26 et 27, planche XXII, et que M. Wilhelm a décrit comme formé par des gouttelettes d'une substance mucilagineuse apparaissant le long des parois du tube criblé.

Lorsque surviennent des modifications dans la nutrition de la plante et que ces modifications retentissent sur la nature du contenu des tubes, soit à l'automne pour la Vigne par exemple, soit à un moment quelconque de l'année, pour l'Aristoloche et le Tilleul; si d'autre part le contenu des tubes criblés est habituellement bien pourvu de substances albuminoïdes, le revêtement cellulosique se gonfle, finit par obstruer les perforations des cribles, puis fait saillie de chaque côté de la cloison et en fin de compte ces gonflements se présentent de chaque côté de la cloison sous forme de plaques plus ou moins épaisses, que l'on désigne sous le nom de *plaques calleuses*.

Deux exemples pris entre tous vont faire comprendre facilement le mode de développement des plaques calleuses.

1° *Rubus idæus*. — Les tubes criblés appartenant au liber de la tige souterraine sont bien nets et les cribles simples sont un peu inclinés sur l'axe des tubes. Près du cambium, on rencontre des tubes en pleine activité dont les cribles sont nettement ouverts, bien que les perforations soient extrêmement fines. Le réseau cellulosique est cependant recouvert à ce moment par une fine couche de substance calleuse se colorant en beau bleu par le bleu d'aniline (fig. 48, pl. XXIII). Un peu plus en dehors on trouve des cribles plus épais (fig. 49, pl. XXIII) dont la substance calleuse s'est gonflée et empiète sur les perforations qui deviennent de moins en moins visibles. Puis ce gonflement de la substance calleuse s'accentue encore davantage dans les tubes plus extérieurs, la cloison criblée s'épaissit beaucoup (fig. 50, 51 et 52, pl. XXIII); mais les réactifs colorants de la cellulose montrent nettement que le réseau cellulosique persiste au milieu de la cloison épaissie et que les filaments constituants de ce réseau ne paraissent pas avoir perdu de leur épaisseur.

Il existe donc maintenant une plaque calleuse sur chaque face de la cloison criblée; mais dans ces plaques on voit encore assez facilement de fines stries qui sont les derniers vestiges des perforations. Les plaques calleuses coupées par une sec-

tion perpendiculaire au plan de la cloison se montrent avec un contour légèrement mamelonné, les dépressions correspondant aux anciennes perforations. De même, une de ces plaques vue de face se montre criblée de petites dépressions qui dessinent des points sombres à sa surface. S'il était besoin d'une confirmation à l'appui du mode de développement que nous venons de décrire, d'après les observations directes, on n'en trouverait pas de plus éclatante que cette forme extérieure des plaques calleuses. En effet, si les bouchons se développaient seulement au niveau des perforations pour se gonfler ensuite en faisant saillie de chaque côté de la cloison, il est évident que ces bouchons pressés les uns contre les autres dessineraient à la surface de chaque plaque calleuse une sorte de réseau à mailles polygonales.

2° *Cucurbita maxima.* — La grosse tige du *Cucurbita maxima* contient des tubes criblés de grande taille et les plaques calleuses y atteignent souvent une épaisseur égale au diamètre même des tubes. Le développement n'est pas différent de celui que nous venons de décrire chez le *Rubus;* mais les deux formes extrêmes sont plus accentuées. D'une part, un crible appartenant à un tube en pleine activité présente des perforations bien nettes; il est, comme on dit, largement ouvert. D'autre part, le revêtement de substance calleuse recouvrant le réseau cellulosique est d'une finesse extrême. Le développement du cal suit exactement la même marche que chez le *Rubus;* mais ce développement s'exagère et les deux plaques calleuses atteignent un volume considérable par rapport à l'épaisseur de la cloison. A ce stade du développement, le contenu des tubes séparés par un crible envoie encore des prolongements dans les stries. Nous avons pu mettre en évidence ces fins prolongements en contractant lentement le contenu par l'action de l'alcool étendu (fig. 8, pl. XXI). A une phase moyenne de ce développement, les stries perpendiculaires à la surface du crible et représentant les derniers vestiges des perforations, se voient encore bien; mais elles s'effacent peu à peu, et dans les plaques volumineuses il est souvent

difficile de les apercevoir. Comme ces stries détruisent l'homogénéité des plaques calleuses, l'action des réactifs colorants les fait reparaître assez nettement. Les figures 2, 5 et 6, planche XXI; 13 et 16, planche XXII, représentent des plaques calleuses très épaisses avec des stries bien caractérisées. Les résultats que nous venons d'énoncer touchant le développement des plaques calleuses sont en contradiction formelle avec les faits signalés par M. Russow. Cette observateur dit, en effet (1), que l'*axe de chaque bâtonnet calleux* lui a paru traversé par un filament gélatineux analogue aux filets connectifs signalés par M. Wilhelm. Or ces filaments, quand ils existent, occupent les stries signalées plus haut. M. Russow n'a pas décrit le développement des plaques calleuses, mais il n'est pas difficile de voir que pour lui le cal est formé par des bouchons qui s'établissent à l'endroit des mailles, se gonflent de chaque côté de la membrane et finissent par se souder les uns aux autres. Nous avons vu que le développement des plaques ne suit pas cette marche.

C'est ici le lieu de mettre en garde les personnes qui n'ont pas fait du liber une étude un peu attentive contre une erreur d'observation que nous avons vue se produire un assez grand nombre de fois. L'action de l'alcool contracte ordinairement contre les cribles la substance albuminoïde des tubes criblés, sous forme de plaques plus ou moins épaisses offrant une ressemblance éloignée avec les plaques calleuses; il est indispensable de ne pas confondre deux choses aussi différentes.

Le mode de développement des plaques calleuses que nous avons décrit plus haut s'est montré le même chez les divers *Cucurbita*, *Lagenaria*, *Aristolochia*, *Vitis*, *Cissus*, *Ampelopsis*, *Ricinus*, *Tilia*, *Quercus*, *Castanea*, *Juglans*, *Ophrys*, *Orchis*, *Gymnadenia*, etc. Les observations de M. de Janczewski ne démentent pas cette manière de voir pour la plupart des plantes dont il a étudié le liber; mais nous devons reconnaître que la description qu'il fournit des états successifs du cal

(1) Russow, *loc. cit.*, p. 192.

chez le *Phragmites communis* ne concorde pas avec les faits reconnus par nous chez toutes les plantes dont nous avons étudié les cribles. M. de Janczewski a vu les bouchons calleux des mailles se développer de chaque côté de la cloison et confluer en deux plaques calleuses pourvues de stries; celles-ci correspondraient donc, non pas à l'axe des mailles, mais bien aux filaments de cellulose. Les observations que nous avons faites sur les tubes des *Phragmites* ne confirment pas ces résultats; malheureusement les matériaux que nous avons pu nous procurer ne contenaient pas de cribles d'assez grande taille pour nous permettre des observations très rigoureuses, et nous ne saurions dire si le développement du cal chez cette plante constitue réellement une exception à la règle générale que nous avons signalée pour les Dicotylédones, et qui se vérifie chez la plupart des Monocotylédones, en particulier chez le *Typha*, que M. de Janczewski a étudié avec beaucoup de soin. Les cribles du *Phragmites communis* nous ont présenté des caractères identiques à ceux des autres plantes; de plus, le liber du rhizome de *Convallaria maialis*, que nous avons étudié avec beaucoup de soin, nous a offert des plaques calleuses (fig. 70, pl. XXIV), constituées de la même façon que celles des *Rubus*, *Cucurbita*, *Vitis*, *Tilia*, etc. Nous enregistrons donc le fait signalé par M. de Janczewski, mais nous pensons qu'une étude attentive du liber de *Phragmites* s'impose dès aujourd'hui avant de considérer le fait comme une exception.

Le cal ne se développe pas chez toutes les plantes avec la même intensité. Les plaques formées de chaque côté des cloisons criblées paraissent d'autant plus épaisses que les tubes sont plus grands et plus riches en substances albuminoïdes. C'est ainsi que dans la famille des Cucurbitacées les divers *Cucurbita* développent des plaques calleuses beaucoup plus épaisses que la Bryone. On les trouve toujours très grandes chez les *Vitis*, *Lycium*, *Ampelopsis*, *Cissus quinquefolia*, Houblon, etc.; de même que chez la plupart des plantes herbacées à grandes feuilles (*Ricinus*, *Aconitum*, *Lappa*, *Archange-*

lica, etc.). Parmi les arbres, les Amentacées, les *Fraxinus*, *Platanus* et *Tilia* tiennent les premiers rangs. Enfin, chez toutes les plantes, quand la formation du cal précède une nouvelle période d'activité, les plaques calleuses sont habituellement moins épaisses que si les tubes se préparent à perdre définitivement leur activité.

Très souvent les deux plaques développées sur un crible ne possèdent pas la même épaisseur. Les figures 39, planche XXIII, et 54, planche XXIV, fournissent des exemples de cette particularité pour les cribles terminaux de la Vigne et du Tilleul. Mais ce fait se présente avec une netteté beaucoup plus grande quand il s'agit des cribles situés sur les parois longitudinales des tubes. C'est ce que montrent les figures 2, planche XXI, et 29, planche XXII, concernant le liber d'un *Cucurbita*. Il en est de même pour les rares cribles situés sur les parois longitudinales des tubes du *Phragmites*.

Le cal ne se développe pas aux dépens du réseau de cellulose qui constitue la charpente du crible. En effet, chez la Courge, l'Angélique, l'Aristoloche, la Vigne, le Tilleul, etc., on retrouve toujours au milieu du cal le réseau bien constitué et avec l'épaisseur qu'il paraissait avoir dès avant la formation des plaques calleuses. Cependant, chez la Courge, par exemple, les plaques calleuses peuvent acquérir une épaisseur et un volume considérables. Le chlorure de calcium iodé, qui colore en rose la cellulose, est un réactif très propre à mettre en évidence le réseau cellulosique, car la faible coloration qu'il communique au cal ne masque pas le crible.

On ne saurait donc admettre, avec MM. Wilhelm et de Janczewski, que le cal est dû à une modification de la cellulose, car bien évidemment, si cette opinion était fondée, le réseau cellulosique disparaîtrait en même temps que se développeraient les plaques calleuses. Ce qui est non moins vrai, c'est que le développement du cal coïncide avec un changement notable dans le contenu des tubes. La richesse de ceux-ci en matières albuminoïdes diminue à mesure que le cal s'épaissit, et bientôt il ne reste plus que le protoplasme pariétal envelop-

pant un contenu presque complètement aqueux. Nous avons déjà dit, d'autre part, que le cal se développe d'autant plus que les tubes criblés contiennent habituellement une plus grande quantité de matières albuminoïdes. Nous pouvons donc conclure en disant que la première couche de cal fait partie intégrante de la membrane cellulaire, et que cette mince couche s'épaissit aux dépens du contenu albuminoïde des éléments séparés par un crible.

Les plaques calleuses ne présentent jamais une structure homogène. Il existe toujours des stries perpendiculaires à la cloison criblée et correspondant au centre des mailles. Cette striation est d'autant plus apparente que les plaques calleuses sont moins épaisses. Dans les plaques volumineuses des *Cucurbita*, l'action des réactifs iodés est souvent nécessaire pour faire apparaître les stries avec netteté; mais alors on les distingue très bien (fig. 5 et 6, pl. XXI, et fig. 13, pl. XXII); elles paraissent contenir une substance granuleuse analogue au protoplasme pariétal des tubes et se colorant en jaune par l'iode. Cette substance granuleuse représente bien évidemment le dernier vestige des filaments muqueux qui traversaient les mailles des cribles, pendant la période de grande activité, et qui réunissaient les contenus de deux tubes voisins.

Dans certains tubes, ces contenus s'enrichissent de nouveau après la formation des cals et on voit alors des filaments protoplasmiques s'insinuer dans le cal à l'endroit des stries et se diriger d'un tube dans l'autre. Ce fait est particulièrement évident chez les diverses Courges et les figures 2 et 7, planche XXI et 20, planche XXII en montrent des exemples remarquables. On peut voir que dans ce cas les contenus des deux tubes aboutissant au cal sont beaucoup plus riches en substances albuminoïdes que ceux des autres tubes dont le cal ne se laisse pas traverser par des filaments muqueux.

Bien mieux, cette activité tardive des tubes peut s'exagérer, et comme toutes les stries ne sont pas traversées par des filaments muqueux, celles qui en possèdent s'élargissent peu à peu par dissolution du cal autour d'elles, et on rencontre alors

des plaques calleuses percées d'une ou plusieurs grandes ouvertures. J'ai particulièrement remarqué ce fait chez le *Cucurbita Pepo* (fig. 2, pl. XXI, et fig. 14, 16 et 17, pl. XXII). MM. Wilhelm, de Janczewski et Russow ne signalent rien de semblable.

Le cal volumineux des divers *Vitis*, *Tilia*, *Aristolochia*, etc., présente des stries de même nature que celles de la Courge et susceptibles comme ces dernières de se laisser traverser par des filaments muqueux ; mais je n'ai pas rencontré de ces larges canaux allant d'un tube à l'autre signalés à propos de la Courge et traversant les plaques calleuses de part en part.

Action des réactifs sur le cal. — La liqueur cupro-ammoniacale ne dissout pas le cal ; mais dans les plaques volumineuses des *Cucurbita* elle fait apparaître de très fines stries tangentielles, coupées par d'autres stries aussi très fines et rayonnantes à partir de la cloison.

L'acide sulfurique pur dissout rapidement le cal à froid ; l'acide azotique ne le dissout pas à froid, mais cette dissolution s'opère facilement à chaud ; l'acide étendu au quart gonfle le cal. L'acide chlorhydrique étendu le gonfle, mais ne le dissout pas.

La potasse et l'hypochlorite de soude, agissant séparément sur le cal, le gonflent d'abord, puis le dissolvent complètement.

Enfin les plaques calleuses ne se dissolvent pas à chaud dans l'eau additionnée de carbonate de soude ; elles ne sont donc pas constituées par de la pectose.

Les réactions précédentes ne permettent pas de fixer la nature chimique du cal ; mais elles montrent du moins que la substance qui le constitue n'est pas une des variétés de cellulose reconnues par M. Fremy. L'éminent chimiste a reconnu dans le parenchyme mou des plantes deux autres composés, la pectose et le pectate de chaux. Les indications qu'il a bien voulu nous donner nous ont permis de reconnaître que le cal ne présente pas les caractères distinctifs de ces deux substances.

L'action particulière des réactifs colorants sur le cal, les

circonstances dans lesquelles il se développe, le fait que les matières albuminoïdes des tubes disparaissent à mesure que s'accroissent les plaques calleuses, l'exagération de son développement chez les tubes de *Cucurbita*, très riches en matières albuminoïdes, mais dépourvus d'amidon, le fait de la persistance de l'amidon dans les tubes du *Vitis*, du *Tecoma*, etc., après l'accroissement des plaques calleuses, tout nous porte à croire que le cal renferme une matière azotée; mais malgré tous nos efforts pour reconnaître la véritable nature de cette substance, nous devons avouer que nos recherches sont restées sans résultat.

Les réactifs colorants du cal sont assez nombreux; les principaux sont le bleu d'aniline, les chlorures iodés et l'acide rosolique.

Comme l'a montré M. Russow, le bleu d'aniline colore nettement le cal en bleu un peu verdâtre; mais il paraît le gonfler et ne permet pas de reconnaître les détails de structure.

Les réactifs iodés, employés seuls ou concurremment avec le bleu d'aniline, sont très propres à mettre en évidence tous les détails de structure du cal. A propos de ces réactifs iodés, faisons remarquer tout d'abord qu'ils exercent sur le cal une action astringente très nette; un cal coloré par le bleu d'aniline seulement présente des bords fondus, peu apparents; traité ensuite par un chlorure iodé, il paraît contracté; ses bords deviennent parfaitement nets et bien caractérisés.

Le chlorure de zinc iodé colore le cal en rouge-brique intense; s'il est additionné d'une dissolution concentrée d'iode dans l'iodure de potassium, la coloration passe au rouge brun. Enfin, si la préparation a été traitée au préalable par le bleu d'aniline, la coloration passe au violet ou au vert-pomme, suivant la quantité d'iode contenue dans le réactif.

Au sujet de la coloration rouge-brique communiquée au cal par le chlorure de zinc iodé, je ferai remarquer en passant que la coloration disparaît complètement dans l'eau, pour reparaître aussitôt avec la même intensité si on remplace l'eau par une goutte du réactif iodé.

Enfin ce mode opératoire communique au cal une coloration un peu trop intense, qui ne permet pas toujours de voir les détails de structure.

Le chlorure d'aluminium iodé donne au cal une coloration rouge assez semblable à celle que produit le chlorure de zinc iodé, mais un peu moins brique.

La coloration par le chlorure de calcium iodé est sans contredit l'une des plus curieuses. Ce réactif colore le cal en rose, si on le fait agir après avoir traité la préparation par le bleu d'aniline, le cal prend une belle coloration rouge vineux pendant que le crible se colore en violet.

L'acide rosolique en dissolution dans de l'eau contenant un peu de carbonate de soude ou quelques gouttes d'ammoniaque colore le cal en rouge-hyacinthe. Cette coloration, découverte par M. Szyszylowicz et recommandée par M. de Janczewski, a été considérée par ce dernier auteur comme « le meilleur des réactifs qui colorent la substance calleuse ».

M. de Janczewski ajoute dans la même note : « Ce réactif colore diverses substances gélatineuses d'une manière tout à fait semblable, ce qui prouve que la substance calleuse n'est que de la cellulose transformée en substance gélatineuse. » On nous permettra de faire remarquer, en passant, qu'il est assez difficile d'expliquer une transformation aussi radicale. Le cal peut être une substance gélatineuse, sans être pour cela une transformation de la cellulose; enfin la gélatine et la cellulose sont des substances si différentes que le fait de la transformation de l'une en autre aurait besoin d'être appuyé par d'autres preuves que l'observation d'un simple phénomène de coloration.

L'acide rosolique ne nous a pas fourni les résultats que nous en attendions. La coloration très fugace qu'il communique au cal disparaît très facilement; de plus elle n'est pas assez nette pour montrer les détails de structure. Elle ne peut servir qu'à déceler momentanément la présence du cal.

Outre les stries que nous avons signalées plus haut, il peut encore s'en développer d'autres beaucoup plus fines et plus

serrées, après l'action du réactif cupro-ammoniacal, dans les épaisses plaques calleuses des *Vitis vinifera*, *Tilia*, *Cucurbita*, etc. Ces fines stries sont les unes perpendiculaires au crible, les autres parallèles à la surface du cal.

Enfin la substance qui constitue chaque plaque calleuse se montre souvent, près du crible, moins résistante, et moins facilement colorable par les réactifs ordinaires du cal, que dans les régions plus externes (fig. 2, pl. XXI, *c*); aussi le cal peut-il se déchirer près du crible sous l'action de l'alcool (fig. 2, pl. XXI).

CHAPITRE VI

LE CONTENU DES TUBES CRIBLÉS ET DES CELLULES-COMPAGNES

L'étude du contenu des tubes criblés a été abordée par tous les auteurs qui ont publié des recherches sur le liber; mais il faut bien reconnaître que les résultats de ces recherches, pour présenter une certaine uniformité, n'en sont pas beaucoup plus instructifs. On peut même affirmer, sans crainte d'être taxé d'exagération, qu'ils sont bien loin d'expliquer le rôle physiologique du liber. Les matériaux étudiés étaient presque toujours en effet des objets secs, ou conservés dans l'alcool, ou bien encore traités par l'eau bouillante (Fischer). Nous nous proposons de montrer plus loin que de tels matériaux sont étrangement modifiés au point de vue du contenu de leurs éléments et que certaines dispositions sur l'examen desquelles les observateurs ont longuement insisté ne sont dues qu'au mode opératoire et ne méritent par conséquent qu'une médiocre attention.

Sans revenir longuement sur la partie historique de notre travail, nous rappellerons que Th. Hartig (1) avait déjà signalé dans les tubes criblés un contenu particulièrement épais, que

(1) Pour les indications bibliographiques, voyez la partie historique de notre travail (p. 193 à 206).

M. Nægeli décrivit ensuite plus complètement en faisant remarquer l'accumulation habituelle de cette substance gélatineuse d'un côté de la cloison criblée. On doit à de Bary les premières connaissances exactes sur le contenu des tubes criblés. Il montra qu'il existe dans tous les tubes actifs une couche de protoplasme pariétal enveloppant un liquide interne plus ou moins riche en matières albuminoïdes.

Les résultats publiés successivement par MM. Wilhelm, de Janczewski, Russow et Fischer ont été exposés assez longuement pour qu'il soit inutile d'y revenir; nous aurons d'ailleurs à les rappeler successivement pour les combattre ou les confirmer. Enfin nous devons encore citer le travail de M. Briosi qui a confirmé pour un grand nombre de plantes le fait de l'existence de l'amidon dans les tubes criblés.

La différenciation progressive du contenu des tubes criblés a été décrite par M. Wilhelm d'après des matériaux frais de *Cucurbita;* MM. de Janczewski et Russow ont simplement confirmé ces résultats sans en fournir une nouvelle description. Les tubes, d'abord pourvus d'un contenu protoplasmique granuleux avec un noyau, ne possèdent bientôt plus qu'une mince couche de protoplasme pariétal. Puis en certains points ce protoplasme devient plus dense, plus réfringent, homogène et forme des sortes de gouttelettes jaunâtres qui se rassemblent peu à peu en masses plus volumineuses vers l'extrémité de la cellule pour y former les amas de gelée qu'on y rencontre. En même temps le noyau a disparu et les grains d'amidon se montrent nichés dans le protoplasme pariétal vers les extrémités des tubes. Le contenu de chaque tube criblé se composerait alors d'un sac protoplasmique se terminant au pourtour des cribles et enveloppant un liquide plus ou moins riche en matières albuminoïdes, celles-ci étant surtout accumulées au voisinage des cribles.

Enfin on considère le revêtement protoplasmique des tubes comme dépourvu de vitalité propre.

Il ne faut pas une longue réflexion pour reconnaître que cet exposé renferme des lacunes considérables. Nous ignorons en

effet par quelle série de transformations le protoplasme d'abord continu ne formerait plus qu'une sorte de manchon ouvert aux deux extrémités ; le mode de développement des *gouttelettes jaunâtres* dont parle M. Wilhelm n'a pas été précisé ; enfin diverses questions, telles que les phases successives de la disparition du noyau, l'accumulation de la gelée aux extrémités des tubes, la cessation de l'activité propre du protoplasme, les diverses formes de corps figurés que contiennent les tubes criblés, appelaient des recherches nouvelles.

Nous essayerons, dans l'exposé qui va suivre, d'apporter quelque lumière sur ces divers points.

Marche à suivre pour l'étude des contenus. — Il ne paraît pas nécessaire de montrer les inconvénients des matériaux secs (Russow) ; tout au plus de pareils objets peuvent-ils être utilisés quand il s'agit de la disposition ou de la forme des éléments libériens ; mais il est complètement impossible de les faire servir à l'étude des contenus.

Le traitement par l'alcool présente des avantages incontestables, mais il a l'inconvénient de fournir à l'observateur une fausse sécurité. Les faits suivants viennent à l'appui de cette manière de voir :

En étudiant le liber des feuilles chez les Amentacées et en particulier chez les principales espèces du genre *Quercus*, nous avions constaté que les tubes criblés contiennent habituellement une sorte de gelée accumulée surtout à une extrémité des tubes. Le même fait fut observé pour un grand nombre de feuilles (limbe et pétiole) et aussi pour les tiges (*Rubus*, *Rosa*, *Cissus*, *Ampelopsis*, *Cucurbita*, *Vitis*, *Impatiens*, etc.), en un mot pour la plupart des plantes étudiées.

De plus, dans une même section longitudinale mesurant, par exemple, 1 centimètre de longueur, on trouvait une orientation uniforme de ces amas par rapport aux cribles. Ce fait, déjà signalé par Hartig et Nægeli pour un certain nombre de plantes, avait conduit ce dernier botaniste à penser que la situation des amas, par rapport aux cribles, pouvait fixer le sens du courant de transport.

Nous avions tout d'abord accueilli cette hypothèse de M. Nægeli; mais, lorsque la nécessité d'étudier la différenciation progressive du contenu des tubes nous eut amené à l'emploi presque exclusif des matériaux frais, nous pûmes constater que les amas de Nægeli et des autres observateurs n'existaient pas réellement et que leur apparition était provoquée par le mode opératoire. — L'expérience suivante est concluante : coupons en effet un fragment de 10 centimètres de long dans une tige de Courge et portons immédiatement ce fragment dans l'alcool absolu. Si au bout de quelques jours on fait des sections longitudinales dans ce fragment de tige, voici ce qu'on observe :

1° A l'extrémité A les amas sont distribués de telle façon que le courant paraît dirigé vers A;

2° A l'extrémité B ils sont distribués comme si le courant était dirigé vers B ;

3° Enfin les sections longitudinales opérées au milieu du fragment AB montrent les amas distribués les uns du côté de A, les autres du côté de B.

Nous avons maintes fois répété cette expérience sur des tiges ou des pétioles de Courge, d'*Impatiens*, de *Rhamnus*, de Ronce, de Vigne, de Chêne, etc., et toujours nous avons obtenu le même résultat.

Au contraire, les matériaux frais nous ont constamment montré les substances coagulables des tubes criblés distribuées à peu près uniformément sur toute la longueur de ces éléments.

Nous n'hésitons donc pas à formuler les deux conclusions suivantes :

1° Les amas de mucilage décrits au voisinage des cribles n'existent pas dans les matériaux frais, mais apparaissent à la suite du traitement par l'alcool;

2° Si un des deux amas continant à un crible est habituellement plus volumineux que l'autre, cette prédominance est encore un effet de l'action de l'alcool.

L'explication de ces faits nous paraît très simple. Si un

fragment de tige est plongé dans l'alcool, ce liquide pénètre par la section beaucoup plus que par le reste de la surface et envahit peu à peu les tissus. Mais l'alcool a des propriétés éminemment astringentes ; en même temps qu'il tue et fixe le protoplasme, il s'empare de l'eau du contenu muqueux des tubes et attire ce contenu près du crible le plus rapproché de la section. Il peut alors arriver deux cas : ou bien cette bande muqueuse interne reste continue, mais se montre beaucoup plus développée à une extrémité qu'à l'autre; ou bien elle se rompt par le milieu et la substance muqueuse reste confinée près des cribles. Il en résulte que les amas seront toujours disposés comme si un courant dirigeait le contenu des tubes vers les parties coupées. Enfin il arrive parfois que la gelée en se contractant reste au milieu du tube; on voit un exemple de ce fait dans la figure 12, planche XXII, concernant le *Cucurbita Pepo*.

Bien mieux, ces perturbations peuvent se produire sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir l'alcool. Par suite des tensions parfois considérables qui existent dans le liber, une section faite dans une tige ou dans un pétiole détermine un courant de substance vers cette section.

Il en résulte que les substances coagulables des tubes sont surtout accumulées sur la face des cribles qui est opposée à la section (fig. 34, pl. XXIII). Cet effet se combine bien évidemment avec l'action de l'alcool. Déjà reconnu par M. Fischer, pour ce qui concerne le pétiole de la Courge, il s'est confirmé dans toutes les expériences que nous avons répétées sur des tiges de Ronce, Vigne, Courge, Houblon, Vigne-vierge, Tilleul, Chêne, etc. J'ajoute que l'effet se fait sentir à une distance d'autant plus grande de la section que les tubes criblés ont un diamètre plus grand et que les tissus offrent moins de consistance. Cet effet se fait encore sentir à 10 ou 12 centimètres dans un pétiole de *Cucurbita maxima ;* il est déjà très faible à 2 centimètres de la section dans une tige de *Rubus idæus*.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer montrent

suffisamment qu'il ne faut pas tenir grand compte de certaines dispositions longuement décrites, mais qui sont simplement un effet du mode opératoire. Nous avons eu, par exemple, l'occasion d'observer dans les tubes criblés de la Vigne, de la Courge et du Frêne les vésicules emboîtées décrites tout d'abord par M. Wilhelm chez la Courge et retrouvées par M. Russow chez le Frêne. Les matériaux frais ne nous ont rien présenté d'analogue. Cette disposition, produite par l'action de l'alcool et des sections, n'éclaire donc en rien l'histoire de tubes criblés.

Pour obvier à ces graves inconvénients, M. Fischer a proposé de faire d'abord bouillir la plante entière avant de la débiter en fragments. Outre que cette opération n'est possible que pour les plantes de petite taille, il faut remarquer que si l'ébullition empêche les amas de se produire près des cribles, elle fait apparaître une striation qui part des cribles pour s'irradier dans l'intérieur des tubes, alors que les tubes étudiés à l'état frais ne présentent absolument rien d'analogue. Cette striation se trouve rendue exactement dans les figures qui accompagnent le mémoire de M. Fischer et nous avons eu l'occasion de la constater chaque fois que nous avons suivi le mode opératoire indiqué par cet observateur.

Nous avons eu recours pour nos recherches à des matériaux frais plongés dans de l'eau sucrée à 3-5 pour 100. Les fragments à utiliser étaient détachés dans l'eau sucrée et portés dans le microtome. Le rasoir était plongé et les coupes observées dans la même solution sucrée.

Si les matériaux devaient être conservés quelque temps avant d'être utilisés, ils étaient plongés dans l'eau sucrée additionnée au bout de vingt-quatre heures d'une faible dose d'alcool. Puis cette proportion d'alcool était augmentée de jour en jour. Si l'opération a été bien conduite, la disposition des contenus reste sensiblement la même qu'à l'état frais.

DIFFÉRENCIATION DU CONTENU DANS LES TUBES CRIBLÉS DE QUELQUES PLANTES

1° *Vigne* (*Vitis vinifera*). — La cellule cambiale, mère d'un tube criblé, se divise de très bonne heure en deux éléments (tube criblé et cellule-compagne) par une cloison longitudinale. Les deux noyaux, issus du noyau primitif, paraissent inégaux ; en effet, celui de la cellule-compagne est plus granuleux et se colore plus fortement par les réactifs que celui du tube criblé.

A ce moment, le futur tube criblé possède un contenu protoplasmique très granuleux, avec un noyau occupant à peu près le milieu de la longueur du tube. Bientôt, de petites vacuoles apparaissent et grandissent ; en même temps le noyau paraît se gonfler et, à mesure que ce gonflement s'accentue, on aperçoit à l'intérieur un certain nombre de petites sphères brillantes dont le diamètre augmente en même temps que celui du noyau (fig. 42, 43 et 44, pl. XXIII). Puis le noyau, gonflé outre mesure, se déchire (fig. 41, pl. XXIII), et paraît éclater sous l'effort de ces petites sphères qui, une fois en liberté, se dispersent dans le protoplasme où elles se comportent comme autant de vacuoles.

Ces petites sphères brillantes, qui semblent provenir d'une sorte de bourgeonnement du nucléole, entraînent manifestement avec elles une petite quantité de la substance propre du noyau. Il en résulte : 1° que chacune d'elles présente à sa surface une couche mince de substance se colorant plus fortement que le protoplasme environnant ; 2° que le noyau refermé sur lui-même, après la sortie des sphères, a perdu une partie de sa substance et se distingue plus difficilement du protoplasme.

Peu à peu la substance du noyau perd son pouvoir colorant ; elle se confond progressivement avec le protoplasme du tube et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on peut encore en déceler la présence dans un tube de Vigne pendant la période

d'activité. Dès ce moment, le noyau a disparu habituellement comme corps figuré ; peut-être sa substance propre s'est-elle simplement dispersée dans le protoplasme ; c'est ce que paraissent indiquer les faits que nous venons d'indiquer. M. Russow a déjà signalé la présence des sphérules dans le noyau chez la Vigne ; mais il n'a pas suivi leur évolution.

Bientôt toutes les vacuoles, d'origine protoplasmique et d'origine nucléaire, se fusionnent en deux ou trois vacuoles plus grandes et enfin on n'en trouve plus qu'une seule (fig. 45, pl. XXIII). Le protoplasme ne constitue plus qu'une mince couche entre la grande vacuole et les parois longitudinales du tube ; mais aux extrémités il se montre plus abondant et ses granulations sont continuellement en mouvement. Il est à noter qu'à cette phase le protoplasme des tubes est plus granuleux et se colore plus fortement que le protoplasme des éléments voisins.

Le contenu de la vacuole, d'abord très aqueux, ne tarde pas à s'épaissir, et, quand les extrémités de cette vacuole atteignent enfin les cloisons terminales des tubes, ce contenu est déjà très riche en substances albuminoïdes, que l'alcool coagule et que le bleu d'aniline colore fortement. Mais les amas décrits avec tant de soin par MM. Wilhelm, de Janczewski et Russow, n'existent pas ; le contenu de la grande vacuole paraît homogène ; ces amas n'existent que dans les préparations exécutées avec des matériaux coupés à l'avance ou conservés dans l'alcool. La vacuole centrale paraît parfois plus longue que le tube qui la contient, et alors elle se montre repliée sur elle-même. Ce fait a déjà été signalé par M. Wilhelm dans le mémoire cité précédemment.

Les faits que nous venons de mentionner pour le *Vitis vinifera* s'appliquent aussi au *Vitis amurensis*, dont nous avons étudié le liber dans des pousses très jeunes.

2° *Courge.* — Dans le liber de la tige du *Cucurbita maxima*, j'ai trouvé tout d'abord un contenu granuleux homogène avec un beau noyau ovoïde. Bientôt il se développe plusieurs vacuoles qui s'accroissent peu à peu en refoulant le protoplasme

(fig. 28, pl. XXII) et finissent par n'en plus former qu'une seule, occupant presque toute la longueur de l'élément. Bientôt, le long des parois se forment des gouttelettes semblables au contenu de la grande vacuole (fig. 26 et 27, pl. XXII). Ces gouttelettes, qui naissent vis-à-vis des cribles des parois longitudinales, paraissent être constituées par la substance qui passe des éléments voisins dans les tubes criblés; elles forment comme des bosselures dans le protoplasme pariétal et leur substance finit par disparaître; elle traverse, sans aucun doute, la mince couche de protoplasme qui sépare chaque gouttelette de la grande vacuole centrale, car le contenu de celle-ci devient plus épais à mesure que les gouttelettes disparaissent. En même temps le noyau perd peu à peu la propriété de fixer les matières colorantes et bientôt on ne peut plus le mettre en évidence; cependant j'ai réussi à le retrouver, niché dans le protoplasme pariétal de quelques tubes en pleine activité (fig. 4, pl. XXI). Mais je n'ai pas réussi à découvrir, dans le noyau en voie de disparition des divers *Cucurbita*, la formation de sphérules claires signalée plus haut à propos de la Vigne. Dans le tube arrivé à la période de pleine activité, on trouve une mince couche de protoplasme pariétal, avec une grande vacuole centrale, s'étendant d'un bout à l'autre du tube et occupée par une substance épaisse, filante, presque homogène, mais que l'alcool contracte et coagule en amas, se colorant fortement par le bleu d'aniline, le vert de méthyle, etc., et appliqués sur les deux faces de chaque crible ou bien sur une seule.

Comme on peut le voir par l'exposé qui précède, la nature vacuolaire de la masse centrale des tubes est encore plus évidente pour le *Cucurbita* que pour la Vigne. Je repousse formellement l'opinion de M. Wilhelm, qui pense que cette masse centrale est constituée par la réunion des gouttelettes pariétales. Elle reçoit, il est vrai, le contenu de celles-ci, mais ne procède pas d'elles.

3° *Impatiens japonica*. — Le liber de la tige contient un grand nombre de tubes criblés, pressés les uns contre les

autres et présentant des cellules-compagnes, généralement de même longueur que les tubes. La longueur de ces tubes varie de 100 à 120 μ et leur diamètre de 10 à 15 μ. La différenciation du contenu des tubes se fait comme chez la Courge, moins la formation des gouttelettes nichées dans le protoplasme pariétal. Cette différence tient probablement à l'absence de ponctuations sur les parois longitudinales des tubes. La masse interne se forme comme une vacuole et en présente tous les caractères. De plus, il n'est pas très rare de rencontrer un ou plusieurs noyaux en forme de fuseau, dans le protoplasme pariétal des tubes en pleine période d'activité.

4° *Lappa tomentosa.* — Il existe dans la tige du liber externe et du liber interne (diam. des tubes, 10 μ; longueur, 150 à 200 μ) ; il se forme des vacuoles dont une, au moins, a une origine nucléolaire (fig. 71, pl. XXIV). Il ne m'a pas été possible de voir si les autres vacuoles possèdent cette origine. Le nucléole paraît se dilater; le noyau éclate et sa substance ne forme plus qu'une bande irrégulière dans le protoplasme pariétal. Les vacuoles se rejoignent et forment une vacuole unique. Dans beaucoup de tubes, il reste un noyau distinct pendant longtemps, mais se colorant cependant moins fortement que ceux des éléments voisins. Dans un tube en activité, il existe une couche très nette de protoplasme pariétal contenant de nombreux granules amylacés dans le voisinage des cloisons criblées et à l'intérieur une grande vacuole occupant toute la longueur du tube.

5° *Ophrys apifera.* — La différenciation du contenu est la même que chez l'*Impatiens;* mais le noyau disparaît complètement ; je n'ai pas réussi à en retrouver de vestiges dans les tubes en pleine activité. La grande vacuole est moins riche en substances albuminoïdes et possède, par conséquent, un contenu plus aqueux que chez la plupart des Dicotylédones étudiées. Cependant, par l'action de l'alcool, il y a encore formation d'amas très nets près des cribles, tandis que chez le *Phragmites communis*, décrit par M. de Janczewski, et dont nous avons repris l'étude, la vacuole a un contenu presque

complètement aqueux. Chez cette dernière plante, on voit nettement que le protoplasme pariétal se continue sur la surface des cribles.

Les quelques exemples que nous venons de citer ne sont pas des exceptions. Chez toutes les plantes dont nous avons pu étudier la différenciation progressive du contenu des tubes criblés, les mêmes phénomènes ont été observés, au moins dans les grandes lignes. Nous pouvons donc conclure que le contenu des tubes criblés, arrivés à la période d'activité, est constitué par une *mince couche de protoplasme pariétal* (1) *enveloppant une grande vacuole.*

Cette couche pariétale de protoplasme est-elle continue? M. Wilhelm ne le croit pas. Il pense qu'elle vient se terminer au pourtour des cribles. Elle formerait, par conséquent, un manchon ouvert à ses deux extrémités. Plusieurs raisons nous portent à rejeter cette opinion, que contredisent, d'ailleurs, plusieurs figures fournies par le même auteur.

1° Si la couche pariétale de protoplasme venait se terminer au pourtour du crible, elle pourrait s'en détacher sous l'action de l'alcool absolu; sur tout le reste de son étendue, elle s'éloigne, en effet, des parois longitudinales des tubes. La couche protoplasmique devrait donc se présenter sous la forme d'un manchon cylindrique n'atteignant plus les extrémités du tube. Or, toutes les figures que nous avons fournies, de même que celles de MM. Wilhelm et de Janczewski, montrent nettement que le manchon protoplasmique adhère fortement par ses deux extrémités à la surface des cribles ;

2° Chez la Vigne, la Courge, etc., cette couche de protoplasme se montre continue au niveau des cribles situés sur les parois longitudinales des tubes. Il n'existe aucune raison pour qu'il n'en soit pas de même sur les cribles terminaux ;

3° J'ai cru observer directement cette continuité dans cer-

(1) M. Wilhelm (*loc. cit.*, p. 20) donne à cette couche le nom de *Hüllschauch;* Hanstein (*Die Milchsaftgefässe*, etc., p. 27) la désigne sous le nom de *Innenschlauch*. Nous ne voyons aucune nécessité de lui attribuer un nom particulier dans notre langue.

tains tubes de Courge, où le contenu avait été détaché de la cloison criblée par l'action de l'alcool ;

4° Enfin, chez les plantes dont les tubes ont un contenu très aqueux, comme le *Phragmites communis*, on constate une continuité parfaite de la couche protoplasmique au niveau des cribles.

Toutes ces raisons nous font admettre la continuité du protoplasme sur les cloisons criblées. Si le plus souvent, chez les Dicotylédones, cette continuité n'apparaît pas, c'est que le contenu de la vacuole centrale, contracté sur le crible et fortement coloré par les réactifs, masque la mince couche de protoplasme qui sépare ces amas du réseau cellulosique des cribles.

Le contenu (1) de la vacuole est loin d'avoir les mêmes caractères chez toutes les plantes. De même que les vacuoles dans les cellules de parenchyme ordinaire peuvent recéler des liquides différents (2), non seulement d'une cellule à l'autre, mais encore dans les diverses vacuoles d'une même cellule, les grandes vacuoles des tubes criblés peuvent évidemment contenir des substances différentes en dissolution dans l'eau. Cependant les différences que l'on peut constater ici sont plutôt quantitatives que qualitatives. Les réactions colorantes montrent que le contenu de la vacuole des tubes criblés est une dissolution de matières albuminoïdes, mais ce n'est pas, comme on le dit parfois, un protoplasme spécial, diffluent et dépourvu de granulations. Le mode de développement que nous avons indiqué précédemment montre bien qu'il n'en est pas ainsi.

La nature albuminoïde du contenu des vacuoles peut, d'ailleurs, être mise en évidence avec beaucoup plus de certitude que par les réactions colorantes en utilisant un procédé

(1) Ce contenu est désigné sous le nom de *Schleim* par les auteurs allemands (Wilhelm, *loc. cit.*, p. 21 ; de Bary, *loc. cit.*, p. 186; A. Fischer, *loc. cit.*, p. 233).

(2) F. A. F. C. Went, *Les premiers états des vacuoles* (*Archives Néerlandaises*, t. XXI).

indiqué par M. de Vries (1) et déjà employé par Ch. Darwin (2). Ce procédé consiste à faire agir sur une coupe contenant des vacuoles dans ses cellules une dissolution de carbonate d'ammoniaque $\left(\frac{1}{10} \text{ à } \frac{1}{100}\right)$; si les vacuoles contiennent des matières albuminoïdes, il se forme des granulations grisâtres qui peu à peu s'agglomèrent pour former des masses plus grosses. Ces granulations sont solubles dans l'eau. On trouve par ce moyen que la vacuole des tubes criblés est riche en matières albuminoïdes, au moins pour ce qui concerne les Dicotylédones.

La consistance du contenu des vacuoles dépend naturellement de la quantité de substances albuminoïdes qui s'y trouve. Cette dissolution presque complètement aqueuse chez les Cryptogames vasculaires (de Janczewski), la plupart des Monocotylédones et beaucoup de Dicotylédones, peut atteindre la consistance d'un sirop épais chez les diverses espèces de Courge, les *Tilia*, *Humulus*, *Rhamnus*, etc.

Chez les Monocotylédones, le contenu des vacuoles libériennes est généralement très aqueux; aussi l'alcool ne produit-il chez ces plantes qu'une coagulation insignifiante et les cribles sont presque toujours dépourvus de ces amas de matières albuminoïdes que nous avons signalés chez beaucoup de Dicotylédones après l'action de l'alcool (*Typha*, *Phragmites*, Graminées, etc.). Cependant, chez certaines Orchidées, et surtout chez l'*Ophrys apifera*, le contenu se montre beaucoup plus épais que chez les autres Monocotylédones et l'action de l'alcool fait apparaître des amas de gelée au voisinage des cribles.

Pour ce qui concerne les plantes dicotylédones, on trouve tous les passages depuis la consistance sirupeuse jusqu'au contenu presque uniquement aqueux :

1° Contenu très épais, mucilagineux, fournissant de volu-

(1) H. de Vries, *Ueber die Aggregation im Protoplasma von Drosera rotundifolia* (*Bot. Zeitg*, n°s 1, 2, 3, 4, 1886).

(2) Cf. Ch. Darwin, *The Action of Carbonate of Ammoniac on the Roots of certain Plants* (*Journal Linn. Soc.*, vol. XIX, p. 239, 1882).

mineux amas de gelée aux extrémités des tubes par l'action de l'alcool :

Cucurbita Pepo.
Cucurbita maxima.
Cucurbita melanosperma.
Cucurbita moschata.
Impatiens japonica.
Impatiens Royleana.
Tilia platyphylla.
Rhamnus catharticus.
Humulus Lupulus.
Cissus quinquefolia, etc.

2° Contenu un peu moins épais, formant encore des amas de gelée appréciables :

Vitis vinifera.
Vitis canescens.
Quercus canescens.
Quercus castaneifolia.
Quercus vircus.
Piper betel.
Betula papyracea.
Carya porcina.
Tecoma radicans.
Macropiper excelsum.
Lycium.
Rubus idæus.
Rosa.
Clematis.
Lappa major.
Lappa tomentosa.
Atragene alpina.
Acer.
Ricinus communis, etc.

3° Contenu fortement aqueux, ne fournissant que des amas de gelée très petits après l'action de l'alcool :

Quamoclit coccinea.
Solanées (la plupart).
Asclepias Cornuti.
Aconitum Napellus.
Cuscuta.
Monotropa.
Populus.
Prunus.
Evonymus.
Pomacées, etc.

Cette dernière catégorie est bien certainement celle qui comprend le plus de genres, surtout chez les plantes herbacées annuelles. La consistance des contenus peut, d'ailleurs, varier suivant les époques de l'année, et nous ne donnons le tableau ci-dessus que sous toutes réserves. Des recherches nouvelles, entreprises à une autre période de la végétation, peuvent fournir des résultats quelque peu différents.

Les tubes criblés sont habituellement considérés comme

des éléments morts (M. Van Tieghem) ; M. Vuillemin (1) s'exprime de la façon suivante : « Les cellules criblées sont de ces éléments dont le rôle physiologique est lié à la cessation de leur activité propre, véritables machines formées aux dépens d'éléments vivants et fonctionnant au profit d'éléments vivants, ayant un rôle essentiel dans la vie de l'être, mais un rôle essentiellement passif. » Dans un travail ultérieur (2), le même auteur dit que les tubes criblés sont des éléments morts ou au moins doués d'une vitalité très faible.

Cette affirmation concernant le rôle passif des tubes criblés ne repose que sur un seul ordre d'observations concernant l'absence habituelle de noyau dans les tubes en activité. Pour ce qui nous concerne, nous contestons formellement cette manière de voir :

1° L'absence de noyau dans les tubes en activité n'est pas un fait absolument général, puisque nous l'avons retrouvé plusieurs fois chez le *Cucurbita maxima*, l'*Impatiens japonica* (fig. 4, pl. XXI), le *Vitis Labrusca*, le *Macropiper excelsum*, etc. ;

2° Le mode de disparition du noyau que nous avons indiqué plus haut, montre bien que si le noyau fait habituellement défaut comme corps figuré dans les tubes criblés, sa substance ne disparaît cependant pas complètement; elle paraît plutôt se disséminer dans le protoplasme ;

3° L'absence même de toute trace de noyau dans les tubes criblés ne prouverait pas que ce sont des éléments morts, car presque toujours le protoplasme pariétal des tubes communique avec le protoplasme des cellules-compagnes par des cribles situés sur les parois longitudinales. Or le protoplasme des cellules-compagnes étant manifestement vivant, il n'est guère admissible que celui des tubes soit mort, puisqu'il communique avec le premier;

4° Il est évident que, si le protoplasme pariétal était inactif,

(1) Vuillemin, *Tige des Composées*, p. 102.
(2) *Id.*, *Traité de biologie végétale*.

il serait impossible d'expliquer le développement des grains d'amidon dans ce protoplasme;

5° Cette passivité du protoplasme permettrait de comprendre le transport des matériaux par simple endosmose à travers les plaques calleuses développées, mais elle n'expliquerait en aucune façon la pénétration du protoplasme dans les stries des plaques calleuses sous la forme de filaments terminés par des renflements en bouton (fig. 2 et 7, pl. XXI et fig. 20, pl. XXII);

6° M. Velten a signalé autrefois des mouvements dans le protoplasme pariétal; ces mouvements seraient inexplicables si on admet que le revêtement pariétal est constitué par un protoplasme mort;

7° Nous avons eu nous-même l'occasion d'observer de ces mouvements du protoplasme dans les tubes criblés des *Vitis vinifera*, *Vitis amurensis*, *Tilia*, *Rubus*, *Cucurbita*, etc., étudiés à l'état frais. Nous avons eu soin de nous prémunir contre toute confusion avec des mouvements browniens en suivant attentivement la marche d'une même granulation protoplasmique pendant un certain temps. Nous avons trouvé que le protoplasme circule continuellement d'une extrémité à l'autre des tubes criblés et forme ainsi deux courants parallèles de sens contraire.

Toutes ces raisons réunies nous paraissent justifier amplement notre opinion. Le protoplasme des tubes criblés est vivant; les tubes criblés ne sont pas, comme on le croit généralement, des éléments morts. Nous admettrions volontiers, avec M. H. de Vries, que le protoplasme circule toujours autour des vacuoles. Celles-ci devraient être considérées comme le pivot autour duquel s'exécutent les déplacements protoplasmiques. Et nous nous permettrons d'émettre ici une opinion dans laquelle les observations que nous avons faites sur le liber nous ont fortifié de jour en jour davantage. Il nous semble que l'activité d'une cellule végétale se manifeste ordinairement de deux façons distinctes, auxquelles correspondent des caractères histologiques très nets : l'activité reproductrice se mani-

feste chez les cellules à protoplasme abondant, presque dépourvues de vacuoles, mais possédant un noyau bien nettement caractérisé. Une autre activité que nous désignerons sous le nom d'activité fonctionnelle et qui fait de la cellule un organe essentiellement chargé des fonctions de nutrition (assimilation et circulation), se manifeste histologiquement par la présence de grandes vacuoles autour desquelles le protoplasme toujours en mouvement se transforme en véhicule des substances nutritives.

Est-ce qu'il pourrait venir à l'idée de considérer les globules du sang des Mammifères, comme des éléments morts, parce qu'ils ne présentent pas manifestement de noyau chez l'adulte? Et cependant, malgré cette absence de noyau, ils conservent leur composition propre, ce qui est un caractère incontestable de vitalité, en même temps qu'ils sont les véhicules éminemment actifs de l'oxygène. Pour nous, le protoplasme des tubes criblés est à la plante ce que le globule sanguin est à l'animal et la substance des vacuoles correspond au plasma. La seule différence, c'est que chaque élément étant emprisonné dans une membrane ne peut ici manifester son activité que dans une sphère excessivement restreinte.

GLOBULES DE MATIÈRES ALBUMINOÏDES DANS LES TUBES CRIBLÉS

L'attention des observateurs a été appelée depuis longtemps sur la présence de globules de matière albuminoïde dans les tubes criblés d'un grand nombre de plantes. Ce sont des granules assez régulièrement arrondis, très réfringents et toujours doués d'un éclat qui les fait reconnaître facilement. Ils sont le plus souvent confinés dans le protoplasme pariétal au voisinage des cribles et en plus grande quantité d'un côté que de l'autre. Cependant les tubes jeunes de la Vigne m'ont fourni l'occasion d'observer des granules albuminoïdes très ténus, en suspension dans le liquide de la vacuole. Ces granules étaient animés d'un mouvement brownien très prononcé, qui s'est continué parfois six ou huit heures dans l'eau sucrée.

Très abondants chez toutes les Cryptogames vasculaires (de Janczewski), ils se retrouvent habituellement, mais en moins grand nombre, chez les Monocotylédones (*Phragmites*, *Typha*, Graminées, Orchidées, etc.). Chez les Dicotylédones, ils sont moins abondants encore, mais ils atteignent parfois de grandes dimensions. Les plus petits sont ceux des tubes renfermant de l'amidon (*Vitis vinifera*, etc.); chaque tube criblé du Tilleul contient toujours, au moins, un granule volumineux (jusqu'à 4 μ de diamètre), avec beaucoup d'autres très petits. Chez les divers *Rubus*, chaque tube contient un granule encore plus grand que ceux du Tilleul (fig. 62, pl. XXIV).

AMIDON DANS LES TUBES CRIBLÉS

Les premiers observateurs du liber, jusqu'à Hugo Mohl inclusivement, n'avaient pas remarqué la présence de l'amidon dans les tubes criblés. Hanstein (1), dans une série de recherches sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir, avait montré que le liber doit servir au transport des substances assimilées; mais M. Sachs (2) s'éleva contre cette conclusion en faisant remarquer que dans ce cas les tubes criblés devraient contenir non seulement des matières albuminoïdes, mais encore de l'amidon. Cette objection de M. Sachs n'a plus de raison d'être depuis que M. Giovanni Briosi (3) a signalé la présence de grains d'amidon dans les tubes criblés de la plupart des plantes; sur cent quarante-six espèces étudiées, il en a trouvé cent vingt-neuf avec de l'amidon dans les tubes criblés. J'ai fait la même constatation pour la plupart des plantes dont j'ai observé le liber. Il existe certaines plantes dont les tubes criblés paraissent dépourvus d'amidon pendant toute l'année. Les Monocotylédones peuvent être pour la plupart rangées dans cette catégorie. Chez les Dicotylédones, ce cas

(1) Joh. Hanstein, *Ueber die Leitung des Saftes..... die Rinde* (*Pringheim's Jahrbücher*, 1860, p. 391-464).

(2) J. Sachs, *Handbuch der experimental Physiologie der Pflanzen*, p. 383.

(3) Giovanni Briosi, *Ueber allgemeines Vorkommen von Stärke in den Siebröhren* (*Bot. Zeitg*, 16 mai 1873).

est beaucoup plus rare. Peut-être, par une étude poursuivie à toutes les saisons, pourrait-on démontrer que bien peu de Dicotylédones ont leurs tubes criblés complètement dépourvus d'amidon. Il me semble qu'il faut chercher la raison de cette différence dans la structure anatomique des organes seulement. En effet, chez les divers *Tilia* où les tubes criblés, au moins dans la tige, sont étroitement emprisonnés entre des fibres, on trouve rarement dans les tubes des granulations amylacées. Il en est de même chez presque toutes les Dicotylédones où les tubes criblés ne confinent pas à un parenchyme pourvu d'amidon, ou bien chez lesquelles on trouve des groupes de tubes rapprochés parallèlement les uns aux autres sans parenchyme intermédiaire (*Aristolochia Sipho*). Chez d'autres Dicotylédones, on rencontre de l'amidon dans les tubes criblés alors que le parenchyme médullaire et la parenchyme cortical en paraissent presque dépourvus. La tige du *Menyanthes trifoliata* nous a présenté ce caractère, d'ailleurs très explicable, car le parenchyme étant très lacuneux les cellules ne se touchent que par une faible surface et ne peuvent servir que dans une faible mesure au transport des substances assimilées.

Généralement pendant l'hiver les tubes criblés des organes aériens sont dépourvus d'amidon; au contraire ceux des racines et des tiges souterraines en contiennent une plus grande quantité que pendant l'été. Cependant j'ai pu observer dans les tiges souterraines des *Rubus idæus*, *R. cratægifolius*, etc., que le parenchyme libérien étant très abondamment pourvu d'amidon en hiver, les tubes criblés qui serpentaient au milieu de ce parenchyme en étaient presque dépourvus.

L'amidon des tubes criblés ne se présente pas habituellement avec les caractères de l'amidon contenu dans le parenchyme. Les grains sont toujours beaucoup plus petits; la solution d'iode les colore lentement et ne leur communique qu'une coloration rougeâtre. M. Sachs (1), qui avait observé cet ami-

(1) J. Sachs, *Ueber die Stoffe velche das Material zum wachsthum der Zellhäute liefern* (*Jahrbücher von Pringsheim*, III).

don spécial chez le *Dahlia variabilis*, le prit pour une solution ou un empois d'amidon. M. Prantl (1) mit même en doute la nature amylacée de ces formations. MM. Briosi (2) et Vesque (3) admettent au contraire que les tubes criblés contiennent véritablement de l'amidon.

Il n'est pas possible de s'arrêter à l'idée émise par M. Sachs, car un grossissement suffisant permet toujours de distinguer les granules. De plus, les divers traitements qu'on fait subir aux matériaux et aux coupes avant de procéder à l'observation ne nuisent en rien à la netteté de la coloration. Il n'en serait pas de même, évidemment, si les matières amylacées se trouvaient dans les tubes sous la forme d'empois.

Il ne faut même pas tenir un compte exagéré de la coloration spéciale que prennent ces grains d'amidon sous l'action des réactifs iodés, car dans certaines cellules de parenchyme, *riches en protoplasme*, on constate le même fait. On ne peut cependant conclure de cette constatation que les grains des tubes criblés sont constitués par de l'amidon identique à celui de la Pomme de terre par exemple. Le fait d'une coloration spéciale, à peu près toujours la même dans les tubes criblés des diverses plantes, indique sans aucun doute une nature particulière, probablement déterminée par la composition même du milieu. Tout porte à croire que l'amylodextrine domine dans ces grains d'amidon (4).

Il ne se produit jamais de grains à coloration caractéristique de l'amidon dans les tubes criblés. Or, si l'amidon se formait complètement dans les tubes criblés pour se dissoudre ensuite au fur et à mesure des besoins, il est clair qu'on devrait trouver dans ces éléments tous les intermédiaires, depuis les

(1) Prantl, *Das Inulin, Preisschrift*, s. 60.
(2) Briosi, *loc. cit.*
(3) Vesque, *loc. cit.*
(4) La coloration que prennent les grains des tubes criblés sous l'influence des réactifs iodés se montre identique à celle que prennent dans les mêmes conditions les granulations amylacées des Floridées. Malheureusement un simple phénomène de coloration ne suffit pas pour trancher cette question.

grains à coloration caractéristique de l'amidon jusqu'aux grains présentant sous l'action de l'iode la coloration jaune rougeâtre que nous avons signalée. Il n'en est rien. De plus, les grains contenus en hiver dans les tubes des racines présentant les mêmes caractères que l'amidon des tubes criblés en été, l'amidon des tubes criblés ne doit donc pas sa coloration spéciale à un commencement de dissolution.

Les grains d'amidon des tubes criblés sont toujours nichés dans le protoplasme pariétal et jamais dans la vacuole centrale. Mais le plus souvent on les rencontre réunis en grand nombre aux extrémités des tubes près des cribles (fig. 56, pl. XXIV, fig. 35, pl. XXIII). L'amidon est presque toujours plus abondant à une extrémité du tube qu'à l'autre.

Les grains d'amidon des tubes criblés, en raison même de leur petitesse, ont été regardés par MM. Briosi et Kraus comme devant franchir les ponctuations des cribles. D'après le premier de ces observateurs, les grains les plus petits se rencontrent chez les plantes suivantes : *Silphium trifoliatum*, *Obeliscaria pulcherrima*, *Helianthus mollis* et *Pæonia officinalis*. Les plus gros se trouvent chez les *Ricinus communis*, *Silphium perfoliatum*, *Catalpa syringæfolia*, *Catalpa Kæmpferi*, *Datura tatula*, *Delphinium ciliatum*, *Bocconia cordata*.

M. Briosi croit avoir vu une fois un grain d'amidon engagé dans un pore de tube criblé ; mais il n'a prêté lui-même qu'une médiocre importance à cette observation ; c'est par des raisons d'un autre ordre, et pour la plupart fort discutables, qu'il croit pouvoir démontrer le passage direct des grains d'amidon à travers les perforations des cribles.

Quant aux expériences de M. Kraus par lesquelles cet observateur démontre le passage direct des grains d'amidon, par une compression artificielle, dans les perforations des cribles du pétiole de *Sparmannia africana*, on nous permettra de ne leur accorder que l'importance qu'elles méritent.

Pour ce qui nous concerne, nous n'admettons pas la manière de voir de M. Briosi et de M. Kraus. Les principales raisons de cette divergence de vues sont les suivantes :

1° Jamais, et chez aucune plante, nous n'avons rencontré de grains d'amidon engagés dans les pores des cribles;

2° Chez beaucoup de plantes les cribles ne sont pas réellement perforés pendant la période d'activité et cependant il existe de l'amidon dans les tubes;

3° Chez d'autres plantes où il existe de véritables perforations, les grains d'amidon présentent presque toujours un diamètre plus grand que celui des perforations. Nous ne citerons que deux exemples, mais ils sont particulièrement probants. Chez le *Ricinus communis* (tige), les grains d'amidon ont jusqu'à 3 µ de diamètre, tandis que les ponctuations sont beaucoup plus étroites : c'est ce que montre la figure 56, planche XXIV; chez le *Tecoma radicans* il en est de même;

4° Il n'est pas légitime de dire que la petitesse des grains soit une circonstance prouvant leur passage à travers les cribles; car dans beaucoup d'autres cellules il se forme des grains très petits, bien qu'ils ne soient pas destinés à traverser des ponctuations;

5° Si l'on admet le transport des substances ternaires par la voie des tubes criblés, il n'est pas nécessaire de supposer pour cela que les grains d'amidon doivent traverser tels quels les perforations des cribles.

Pour toutes ces raisons réunies, mais surtout parce qu'il n'existe aucune observation précise de grains d'amidon traversant les ponctuations des cribles, nous n'hésitons pas à rejeter, jusqu'à preuve du contraire, l'opinion émise par MM. Briosi et Kraus.

Les tubes criblés contiennent-ils du glucose en dissolution? Chez les *Rubus*, *Cucurbita*, etc., il n'en existe pas; mais n'ayant pas porté spécialement notre attention sur ce fait au sujet de toutes les plantes que nous avons étudiées, nous ne saurions formuler de conclusion générale.

CONTENU DES CELLULES-COMPAGNES

Au sujet du contenu des cellules-compagnes je ne saurais que confirmer les faits signalés par MM. Wilhelm, de Janczewski, Russow et Fischer concernant l'absence d'amidon. Même lorsque les tubes criblés contiennent de l'amidon, les cellules-compagnes en sont dépourvues (Vigne, *Tecoma*, *Ricinus*, etc.). Il en est de même lorsque, les tubes ne contenant pas d'amidon, le parenchyme environnant en est abondamment pourvu (*Rubus idæus*, *Rubus leucodermis*, etc.). J'ai bien rencontré parfois quelques grains amylacés dans les cellules-compagnes, mais je ne suis pas sûr que ces granulations appartenaient bien à ces cellules et qu'elles n'avaient pas été transportées par le rasoir.

Par contre le protoplasme des cellules-compagnes se montre toujours abondant, et fortement granuleux. Il paraît particulièrement riche en matières albuminoïdes; comme le contenu des tubes criblés, il prend une coloration plus intense sous l'action des réactifs colorants que celui des cellules du parenchyme ordinaire; et de plus, l'hypochlorite de soude a une action beaucoup plus lente que sur le contenu des cellules du parenchyme. Le protoplasme contient habituellement des vacuoles autour desquelles il circule; c'est ce que montre la figure 3, planche XXI, pour ce qui concerne en particulier les cellules-compagnes du *Cucurbita Pepo*.

Mais le fait qui nous paraît le plus intéressant dans l'histoire des cellules-compagnes, c'est le développement exagéré du noyau dans ces éléments. Toujours le noyau se montre plus volumineux et mieux caractérisé que dans toutes les autres cellules de parenchyme, bien que les cellules-compagnes soient habituellement les plus petits de ces éléments. Ce fait est constant chez toutes les Dicotylédones, aussi bien pour les feuilles que pour la tige et les racines; mais c'est principalement chez les Monocotylédones que le noyau des cellules-compagnes prend un développement considérable. En

effet il s'allonge, prend la forme d'un cylindre et occupe parfois la moitié, et même plus, de la longueur des cellules-compagnes. C'est chez les Orchidées (*Orchis*, *Ophrys*, etc.) et chez le *Convallaria* que nous avons pu constater ce fait avec la plus grande netteté (fig. 69, pl. XXIV).

M. Fischer, qui a constaté la présence du noyau dans les cellules-compagnes des feuilles, pense que la présence du noyau permet à ces cellules d'élaborer des substances albuminoïdes qui passeraient ensuite dans les tubes criblés. Il nous faut avouer que les connaissances physiologiques acquises aujourd'hui à la science concernant la fonction du noyau ne sont pas suffisantes pour faire admettre sans raisons et sans preuves l'hypothèse formulée par M. Fischer. Pour ce qui nous concerne, nous ne faisons aucune difficulté d'avouer que tout en enregistrant les faits concernant la présence et la dimension inusitée du noyau des cellules-compagnes, nous ne pouvons en tirer de conclusions fermes quant au rôle de ces éléments.

CHAPITRE VII

TRANSPORT DES MATÉRIAUX PAR LE LIBER

Aucune question n'est plus capitale pour la vie de la plante que celle de la circulation des substances élaborées ou nourricières; aucune question cependant n'a été délaissée à un plus haut degré par les botanistes. Il suffit pour se convaincre de ce fait de consulter les traités de physiologie de J. Sachs, Pfeffer, etc. On y trouve des indications sur la nature chimique des composés que renferment les plantes, quelques hypothèses sur la circulation; mais aucun fait précis n'est articulé.

Il est, je crois, tout à fait inutile d'insister sur la nécessité de la circulation des substances nourricières. Du Petit-Thouars, Turpin, Schleiden, etc., ne l'admettaient point il est vrai; mais nier l'élaboration des sucs nourriciers dans les parties

vertes des plantes et leur transport ultérieur du lieu de formation au lieu d'utilisation, c'est admettre implicitement que l'eau puisée dans le sol peut suffire pour l'édification des substances si variées qui constituent la membrane et le contenu des éléments d'une plante; en un mot, c'est admettre, comme l'a dit avec raison M. Sachs, que toute matière est venue de rien à l'endroit où nous la trouvons.

Dès qu'on eut présumé (1) l'ascension de l'eau du sol par les vaisseaux du bois, il sembla tout naturel d'admettre la circulation des substances nourricières par les canaux du liber. Les preuves de cette hypothèse ne parurent pas absolument nécessaires. Dans tous les cas on n'a recherché des preuves expérimentales de cette circulation que dans l'étude des phénomènes consécutifs aux décortications annulaires; la formation d'un bourrelet volumineux à la lèvre supérieure de la plaie a paru à beaucoup de personnes une preuve évidente et irréfutable de la marche descendante des matériaux élaborés, par la voie des tubes criblés.

Disons tout de suite que la plupart des observateurs (2) qui ont porté leur attention sur cet ordre de phénomènes cherchaient à prouver autre chose que la circulation des substances élaborées, et que leurs observations concernent presque uniquement la forme extérieure et la position des bourrelets. M. Trécul lui-même, entraîné tout d'abord par le désir de réfuter la théorie des *phytons* et ensuite par la préoccupation de montrer qu'une décortication annulaire n'entraîne pas nécessairement la mort de l'arbre, a renfermé ses

(1) Hales, *Statique des arbres*.

(2) Buffon, *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1738. — Hales, *Statique des arbres*. — Duhamel, *Physique des arbres*, t. II. — Du Petit-Thouars, *Deuxième exercice sur la végétation*. — Pollini, *Saggio di osserv. di sperienz.*, etc. Vérone, 1815. — Gaudichaud, *Comptes rendus*, 31 mai 1852 et 7 mars 1853. — Trécul, *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. XIX et XX; 4e série, t. III. — Faivre, *Ann. sc. nat.*, t. XII, 1869. — Niven, *Gardener's Magazine*, vol. XIV. — Knight, *Phil. Trans.*, 1803 et 1806. — Lindley, *Théorie de l'horticulture*. Tr. fr., 1841. — Hanstein, *Pringsheim's Jahrbücher*, 1860. — Guinier, *Bulletin de la Société d'études des Hautes-Alpes*, n° 17, 1er janvier 1886.

observations dans le cercle des arguments qui lui étaient nécessaires pour ces deux démonstrations. Les recherches de Hanstein, effectuées spécialement dans le but d'apporter quelque lumière sur le phénomène de la circulation, présentent seules un certain intérêt au point de vue qui nous occupe, et les résultats de ces recherches peuvent être résumés brièvement dans les propositions suivantes :

1° Une bouture ordinaire développe des racines à son extrémité inférieure et une ou plusieurs pousses feuillées à sa partie supérieure. Si, avant de mettre en terre cette bouture, on pratique une décortication annulaire près de la partie inférieure, les racines naissent toutes au-dessus de cette décortication, c'est-à-dire à l'endroit où sont retenus les sucs nourriciers ;

2° Si, au lieu d'opérer une décortication annulaire complète, on laisse une bande longitudinale d'écorce joignant les deux lèvres de la plaie, tout se passe comme si la décortication n'avait pas eu lieu, cette bande servant à transmettre les substances de haut en bas ;

3° Lorsque sur une bouture déjà enracinée on vient à enlever un anneau d'écorce au-dessus des racines, celles-ci ne recevant plus de sucs nourriciers ne tardent pas à se flétrir, et il s'en développe de nouvelles au-dessus de la décortication ;

4° Dans le cas où la décortication est pratiquée à une assez grande distance du bout inférieur du rameau bouturé, il naît de petites racines à cette partie inférieure, et ces racines sont d'autant plus développées et plus nombreuses qu'il existe une plus grande distance entre elles et la décortication ;

5° Si une opération de cette nature est pratiquée sur une plante à faisceaux bicollatéraux, il se forme généralement des racines au-dessous et au-dessus de la décortication ; la vigueur des racines inférieures est en rapport étroit avec le développement relatif du liber interne, qui peut seul leur fournir des matériaux nutritifs.

Comme on le voit par cet exposé, qui résume brièvement toutes les preuves que l'on connaît actuellement du transport

des substances élaborées par la voie du liber, il reste encore bien des points à préciser et bien des lacunes à combler :

1° On n'a donné aucune preuve *directe* de la progression des substances élaborées dans les éléments libériens ;

2° En supposant même que le rôle conducteur du liber soit prouvé d'une façon irréfutable, il est bon de montrer que ce rôle appartient en propre à une catégorie des éléments qui constituent ce tissu ;

3° Les expériences de Hanstein ne nous permettent pas de dire si les substances transportées sont uniquement des matières albuminoïdes ou bien à la fois des substances ternaires et des substances albuminoïdes ;

4° Le mécanisme intime de ce transport a été considéré jusqu'à ce jour comme tout à fait indépendant des phénomènes connus de mouvements protoplasmiques. Notre nouvelle manière de voir sur la vitalité propre du protoplasme des tubes criblés remet la question à l'ordre du jour ;

5° Enfin on peut se demander si l'étude attentive des tubes criblés à l'état frais ne permettrait pas de préciser le sens du transport dans le liber.

Nous nous proposons de répondre autant que possible à ces diverses questions dans les paragraphes suivants.

A. PROPRIÉTÉS CONDUCTRICES SPÉCIALES DES ÉLÉMENTS LIBÉRIENS.

Nous avons eu l'occasion de montrer, dans un chapitre précédent, que la perforation des cloisons criblées est extrêmement douteuse chez un très grand nombre de plantes. La structure des cribles, chez ces dernières plantes, ne paraît pas différer essentiellement de celles que présentent les membranes de cellules appartenant au parenchyme mou (Baranetzki) ; la difficulté du passage doit être la même dans l'un et l'autre cas. Au point de vue purement histologique, le rôle spécialement conducteur du liber n'est donc évident que pour un certain nombre de plantes chez lesquelles les cribles sont nettement perforés.

L'expérimentation a-t-elle résolu cette question d'une manière irréfutable? Je ne le crois pas, car les observations sur les bourrelets consécutifs aux décortications portent plutôt sur des apparences extérieures que sur les changements plus intimes survenus à la suite de cette opération. Celles de M. Trécul, qui sont de beaucoup les plus complètes et les plus précises, ne nous renseignent pas sur le développement relatif des divers tissus au-dessus et au-dessous de la plaie. En outre, l'éminent observateur n'a pas porté son attention sur les contenus des éléments.

Les expériences de Hanstein sur la formation des racines adventives dans le cas de plantes pourvues de faisceaux bicollatéraux ou médullaires sont seules démonstratives; encore ne nous prouvent-elles pas le rôle spécialement conducteur des tubes criblés aux dépens des autres éléments du liber.

Nous avons eu l'occasion de répéter la plupart des expériences exécutées par nos devanciers, et nous avons pu recueillir un certain nombre d'observations qui leur avaient échappé. Ces faits, ajoutés à d'autres, d'ordre plus intime, nous paraissent constituer une preuve suffisante de la conductibilité spéciale du liber et en particulier des tubes criblés.

Décortications annulaires (1). — Une décortication annulaire pratiquée sur une branche d'arbre au printemps détermine des manifestations de deux sortes : les unes générales, les autres locales. Au nombre des manifestations générales, on peut citer une végétation plus rapide et plus énergique de la branche dans l'année de l'opération, pourvu que l'incision soit faite après l'épanouissement des feuilles; les fleurs sont plus nombreuses et les fruits plus gros que sur les autres branches. C'est ainsi qu'une décortication annulaire opérée sur une branche de Vigne a eu pour effet de provoquer un accroissement exagéré des raisins portés par cette branche; tous les fruits d'un Châtaignier avaient avorté, à l'exception d'un seul appartenant à une branche opérée.

(1) H. Lecomte, *Journal de botanique*, 1887, n°s 17 et 18.

Ces faits montrent évidemment que les substances nutritives se trouvent accumulées en plus grande quantité audessus de l'incision annulaire à la suite de la décortication.

A côté de ces manifestations utiles qui sont la conséquence rapprochée de la décortication, il en faut signaler d'autres, plus tardives, et qu'on pourrait désigner sous le nom de manifestations morbides : les feuilles jaunissent et tombent plus tôt que celles des autres branches ; puis la mort de toute la partie supérieure à la décortication sera, dans les années suivantes, la conséquence fatale de l'opération, si les deux bourrelets formés aux lèvres de la plaie ne viennent pas à se réunir.

Les manifestations locales déterminées par les décortications nous paraissent plus intéressantes : les deux lèvres de la plaie se cicatrisent par la formation d'un bourrelet qui se montre généralement plus développé à la lèvre supérieure. Mais ce qu'il importe surtout de remarquer, c'est que la branche s'accroît fortement en diamètre au-dessus de la plaie, tandis qu'au-dessous l'accroissement se montre nul ou très faible ; c'est là un fait général, qui se présente avec une intensité variable suivant que la branche mutilée est plus ou moins bien pourvue de feuilles. Le tableau suivant résume les mesures effectuées au mois de septembre sur des matériaux décortiqués dans la première quinzaine du mois de juin. Les sections ont été faites à environ 2 centimètres au-dessus et audessous des lèvres de la décortication.

ESPÈCES ÉTUDIÉES	RAYON DE LA BRANCHE jusqu'au CAMBIUM		ÉPAISSEUR DES DIVERS TISSUS EXTÉRIEURS AU CAMBIUM					
			LIBER JUSQU'AUX FIBRES EXTRA-LIBÉR. EXCLUSIVEMENT		FIBRES ET ÉCORCE		ÉPAISSEUR TOTALE	
	au-dessus de la plaie	au-dessous de la plaie	au-dessus	au-dessous	au-dessus	au-dessous	au-dessus	au-dessous
Castanea vesca	325 (1)	295	115	70	37	34	152	104
Sambucus nigra.......	330	240	100	65	45	45	165	90
Cissus quinquefolia....	170	100	116	56	160	128	276	184
Juglans regia.........	318	262	90	53	65	45	155	98
Vitis vinifera.........	240	146	114	60	128	80	242	140
Corylus Avellana......	325	240	35	20	40	30	75	50
Carpinus betulus......	260	150	110	45	40	25	145	70
Prunus domestica.....	191	155	55	18	40	32	103	50
Quercus Robur........	400	290	80	45	25	18	105	63

La comparaison des mesures indiquées dans le tableau ci-dessus permet de constater que la région extérieure au cambium a subi un accroissement relatif plus considérable que le bois. Pour le *Prunus domestica*, le rapport des rayons du bois est $\frac{191}{155} = 1,2$, tandis que celui des épaisseurs des régions extérieures au cambium est $\frac{103}{50} = 2,06$. Chez le *Sarothamnus scoparius*, non compris dans le tableau précédent, l'épaisseur de la couche formée par le liber et l'écorce a plus que doublé, tandis que le rayon de la tige jusqu'au cambium n'est qu'une fois et demie plus grand au-dessus qu'au-dessous.

Mais ce qui est plus caractéristique, c'est que dans la région extérieure au cambium c'est le liber qui a pris l'accroissement le plus considérable. Chez le *Sambucus nigra*, par exemple, l'écorce n'a pris aucun accroissement, tandis que le liber s'est énergiquement développé en épaisseur. Chez le *Prunus domestica*, cette épaisseur du liber a triplé, tandis que l'écorce n'a subi qu'un accroissement beaucoup moindre. Il suffit de

(1) Les nombres indiqués représentent des divisions du micromètre oculaire et non pas des millièmes de millimètre.

comparer les mesures indiquées, pour voir que ce fait est constant. Nous pouvons donc formuler les conclusions suivantes :

1° La tige tout entière a subi au-dessus de la mutilation un notable accroissement en épaisseur, tandis qu'au-dessous cet accroissement se montre nul ou très faible ;

2° L'ensemble du liber et de l'écorce s'est accru en plus forte proportion que le bois ;

3° Dans cette zone extérieure, le liber surtout a pris une grande épaisseur.

Les faits que nous venons d'énoncer n'avaient pas été précisés par nos devanciers. On s'était contenté de dire que la tige s'accroît plus au-dessus de la décortication qu'au-dessous.

Sans entrer plus avant dans l'examen des conséquences diverses de la décortication annulaire, nous pouvons dire que le développement exagéré du liber au-dessus de la plaie montre que ce tissu est plus riche que l'écorce en substances nutritives capables d'être utilisées pour l'accroissement.

Mais les résultats sont tout différents si au lieu d'enlever les tissus jusqu'au cambium on se contente de gratter l'écorce jusqu'aux fibres extra-libériennes en se gardant autant que possible de toucher au liber. Malheureusement il est à peu près impossible d'arriver exactement à ce résultat. Cependant des expériences que nous avons faites sur le *Sambucus nigra*, le *Cissus quinquefolia*, la Vigne et le Tilleul, nous ont permis de constater les faits suivants :

1° Les bourrelets, formés presque uniquement de liège, sont sensiblement de même volume aux deux lèvres de la plaie ;

2° L'accroissement de la tige en diamètre n'est pas plus considérable au-dessus de la décortication qu'au-dessous ;

3° L'écorce contient une assez grande quantité d'amidon accumulée dans ses cellules au-dessus de la décortication ; il en existe beaucoup moins au-dessous.

Ces derniers faits, beaucoup mieux que les premiers, prouvent que le liber possède des propriétés essentiellement conductrices pour les substances nourricières de la plante.

1° *Effets produits par les sections et par l'action de l'alcool*

sur la disposition des contenus dans les éléments. — Nous avons déjà montré plus haut, en étendant à d'autres plantes et à d'autres organes l'observation de M. Fischer sur le pétiole de la Courge, qu'une section transversale opérée sur un organe détermine l'accumulation, sur les faces des cribles, du contenu muqueux des tubes criblés. Ce fait se produit sur une longueur variable suivant les plantes considérées, mais avec une constance remarquable; il est vrai pour tous les organes d'une plante, aussi bien chez les Monocotylédones que chez les Dicotylédones. Au contraire, cette accumulation des contenus est le plus souvent nulle ou très faible dans les autres éléments du liber et dans les cellules de l'écorce.

Ce phénomène ne peut être dû qu'à la circulation des matériaux vers la section et en effet la tranche du liber est toujours humide après une opération de cette nature.

L'effet que produit l'alcool dans ces conditions et qui se combine à l'effet de la section prouve que l'alcool pénètre beaucoup plus facilement par les tubes criblés que par les autres éléments. Les tubes criblés sont donc les éléments les plus conducteurs de la région extérieure au cambium.

2° *Observation directe du passage des contenus à travers les cribles.* — Chez les plantes où la perforation des cribles est parfaitement établie et en particulier chez la Courge, la Vigne, le Tilleul, nous avons observé maintes fois des boutons muqueux traversant les cribles et pénétrant d'un tube dans l'autre. Ces boutons muqueux sont presque toujours détruits par l'action de l'alcool. Les figures 1, 5 et 7 de la planche XXI montrent nettement chez la Courge des espèces de gouttelettes allongées traversant les cribles et pénétrant sur une grande longueur dans le contenu du tube voisin.

Ajoutons qu'au printemps, dans les plaques calleuses de la Vigne, on voit nettement des boutons de même nature s'insinuer dans les stries des plaques calleuses.

Des faits que nous venons de signaler il résulte que le liber est doué d'un pouvoir conducteur beaucoup plus considérable que les autres tissus pour les substances autres que l'eau, et

que dans le liber les tubes criblés possèdent cette propriété au degré le plus élevé.

B. NATURE DES SUBSTANCES TRANSPORTÉES PAR LA VOIE DU LIBER.

Nous avons dit dans un chapitre précédent que le contenu des tubes criblés en activité se compose d'un revêtement de protoplasme pariétal contenant de l'amidon chez un grand nombre de plantes et d'une grande vacuole dont l'eau tient des substances albuminoïdes en dissolution.

Ou bien les substances albuminoïdes circulent seules dans les tubes criblés, ou bien ces éléments transportent à la fois des substances albuminoïdes et des substances ternaires. Si nous parvenons à montrer que dans la plupart des cas les substances ternaires n'empruntent pas la voie des tubes criblés pour passer d'une région à l'autre de la plante, nous aurons démontré par là que les substances albuminoïdes circulent seules dans ces éléments.

Il ne peut plus être question du passage direct des grains d'amidon à travers les ponctuations des cribles ; nous avons établi précédemment l'impossibilité de ce passage. Si les cribles laissent passer des substances ternaires solubles, il est de toute évidence qu'une décortication annulaire arrêtant la marche de ces substances, elles s'accumuleront dans les tubes criblés les plus voisins de la section et s'y présenteront sous la forme de grains d'amidon.

Or, dans les expériences dont nous avons relaté précédemment quelques-unes des conséquences, nous avons constaté que chez les *Vitis vinifera*, *Juglans regia*, *Cissus quinquefolia*, *Cerasus Padus*, *Quercus Robur*, etc., il existe une quantité considérable de grains d'amidon dans l'écorce, le parenchyme libérien, les rayons médullaires et la région la plus externe de la moelle au-dessus de la mutilation ; les régions correspondantes situées au-dessous en contiennent beaucoup moins ou même en sont presque complètement dépourvues (*Vitis vinifera*, *Cerasus Padus*, *Quercus Robur*) ; il n'en existe plus

que très peu dans les rayons médullaires et la moelle au niveau de la section; enfin chez le *Vitis vinifera*, dont les tubes criblés contiennent de l'amidon en temps ordinaire, les tubes situés près de la section n'en renferment pas plus que les autres, mais possèdent un contenu riche en substances albuminoïdes.

En outre, dans les divers cas où il nous a été possible de surprendre sur le fait le passage du contenu d'un tube dans le tube voisin, nous n'avons pu voir que des substances albuminoïdes dont les boutons muqueux passent d'un tube à l'autre.

De ces faits nous croyons qu'il est légitime de tirer les conclusions suivantes :

1° Les tubes criblés ne paraissent pas habituellement destinés à transporter autre chose que des substances albuminoïdes;

2° L'amidon et les substances ternaires sont contenus dans le parenchyme (écorce, parenchyme libérien, rayons médullaires, moelle); les substances ternaires paraissent donc passer d'une cellule à l'autre dans ces diverses catégories de parenchyme;

3° L'absence d'amidon dans la moelle au niveau d'une décortication paraît montrer que la moelle et les rayons médullaires sont dépourvus de toute faculté de transport dans le sens longitudinal d'un organe; mais qu'à une hauteur donnée de cet organe les rayons médullaires permettent le passage des substances ternaires de l'écorce dans la moelle et réciproquement.

C. MÉCANISME INTIME DU TRANSPORT DES SUBSTANCES DANS LES TUBES CRIBLÉS.

Nous avons déjà signalé précédemment les raisons pour lesquelles nous considérons les tubes criblés comme des éléments vivants. Il nous reste à montrer comment cette condition nous paraît favorable à la circulation des substances élaborées. Les botanistes qui font des tubes criblés des éléments

morts (J. Sachs, Van Tieghem, etc.) et leur attribuent un rôle purement passif ne peuvent expliquer la marche des matériaux que par un phénomène de diffusion puissamment aidé par la destruction progressive de ces substances au lieu d'emploi.

Ces deux causes réunies, s'exerçant même dans les conditions les plus favorables, sont impuissantes à expliquer la migration souvent fort rapide des substances de réserve. En quelques semaines, une quantité considérable de sucre parcourt une tige de Pomme de terre et se retrouve sous forme d'amidon dans les tubercules. Chez les *Helianthus* et *Cucurbita*, comme l'a démontré M. Sachs, les substances ternaires élaborées pendant le jour dans le limbe des feuilles passent rapidement dans la tige par la voie du pétiole. Les faits de cette nature sont beaucoup plus difficiles à vérifier quand il s'agit des substances albuminoïdes, car on ne les retrouve pas sous la forme de corps figurés. Cependant, quand de jeunes pousses s'allongent rapidement, il faut que dans les parties anciennes la marche des substances albuminoïdes soit en rapport avec l'énergie de l'accroissement.

Or, si on veut expliquer cette migration rapide en invoquant simplement les phénomènes de diffusion, on se heurte tout de suite à une difficulté insurmontable; en effet, la diffusion est un phénomène extrêmement lent.

M. Stephan (1) a trouvé, après Graham, que dans un tube contenant de l'eau et plongeant dans une solution de chlorure de sodium au $\frac{1}{10}$, il faut trois cent dix-neuf jours à 1 milligramme de chlorure de sodium pour s'élever à une hauteur de 1 mètre. La même quantité de sucre exige deux ans sept mois. Enfin 1 milligramme d'albumine mettrait jusque quatorze ans pour effectuer le même trajet.

M. Hugo de Vries (2) a répété ces expériences dans d'autres

(1) Stephau, *Sitzungsberichten der Wiener Akademie*, 1879, II, Abth. S. 214.

(2) H. de Vries, *Ueber die Bedeutung der Circulation und der Rotation des Protoplasma für den Stofftransport in der Pflanze* (*Bot. Zeitg*, 1885, nos 1 et 2).

conditions, en se servant de longs tubes plongeant dans un liquide coloré par le bichromate de potasse, le sulfate de cuivre, etc., et il a mesuré les hauteurs auxquelles ces liquides avaient atteint après un temps déterminé. Il a trouvé environ 50 centimètres pour le bichromate de potasse et 20 centimètres pour le sulfate de cuivre après trois mois. Il a même remplacé l'eau des tubes par une gelée très aqueuse (1) et il a trouvé que la difficulté de diffusion était à peu près la même que dans l'eau.

La conclusion à tirer de ces diverses expériences, c'est que la diffusion est un phénomène extrêmement lent et par cela même impuissant à expliquer les faits de migration rapide si communs chez les plantes.

Le fondateur de la théorie du transport par diffusion ne pouvait ignorer ces faits, mais il chercha à tourner la difficulté en montrant que la tension considérable qui existe à l'intérieur du liber active la diffusion et entraîne les substances plastiques vers le lieu d'emploi.

Nous sommes très loin de nier l'importance de cette dernière observation; mais elle ne suffit pas à expliquer les faits connus si on admet toujours la passivité du protoplasme des tubes criblés. Nous ne saurions mieux faire d'ailleurs que de citer textuellement M. Sachs, pour montrer qu'il n'était pas loin d'admettre la manière de voir que nous soutenons : « Ce simple fait que les phénomènes de diffusion dont une cellule est le siège sont altérés subitement et d'une manière frappante dès qu'une cause quelconque tue cette cellule sans l'endommager, montre assez que les forces moléculaires propres à la vie reposent sur un état intérieur et inconnu des organes cellulaires, que nous ne parviendrons jamais à imiter artificiellement. »

Pour ce qui nous concerne, les phénomènes suivants nous paraissent jouer le rôle le plus important au point de vue du transport par les tubes criblés :

(1) H. de Vries, *Maandblad woor naturwetenschappen*, II Reihe. Bd. 1884, Nr. 8.

1° La *diffusion* joue évidemment un rôle considérable dans le fonctionnement des tubes criblés ; mais, nous venons de le voir, les effets seraient très lents dans les conditions ordinaires. Heureusement deux circonstances viennent modifier ces conditions pour activer ces échanges. En effet dans les expériences relatées plus haut la température était la même pour tout l'appareil ; chez une plante, au contraire, les parties souterraines ne suivent pas exactement les mêmes variations de température que les parties aériennes. De plus, la tension des tissus, toujours très grande dans le liber des Dicotylédones, pousse nécessairement les substances contenues dans les cellules vers les points où cette pression est la plus faible, c'est-à-dire vers les régions du végétal où les substances transportées doivent être utilisées.

Les phénomènes de diffusion sont donc probablement activés : 1° par la différence de température que présentent les diverses parties de la plante ; 2° par la tension considérable (prouvée par l'effet des incisions) du liber ; 3° par la destruction des substances dans certaines parties de la plante, surtout dans les régions où les tissus s'accroissent rapidement.

2° De plus nous avons reconnu que le protoplasme des tubes ne reste pas passif. M. Velten (1) avait déjà signalé des mouvements protoplasmiques dans les tubes criblés. Ceux des *Cucurbita maxima*, *Cucurbita melanosperma* et *Vitis vinifera* nous en ont fourni des exemples très nets (voy. p. 285). C'est seulement quand les tubes criblés ont perdu leur revêtement pariétal de protoplasme, que leur activité s'éteint au point de vue du transport des substances albuminoïdes. Si le protoplasme était mort, s'il ne jouait aucun rôle, pour quelle raison les tubes criblés ne contiendraient-ils et ne conduiraient-ils plus de substances albuminoïdes après la disparition de ce protoplasme ? Pour nous, la vitalité du protoplasme des tubes criblés n'est pas seulement un fait que nous avons tout d'abord

(1) Velten, *loc. cit.*

constaté, mais une nécessité qui s'impose quand on veut expliquer le rôle de ces éléments.

D. SENS SUIVANT LEQUEL S'EFFECTUE LE TRANSPORT.

Enfin il nous reste un dernier point à étudier, non le moins important, c'est le sens de la marche des matériaux dans les tubes criblés.

Nægeli le premier avait constaté que, dans les préparations intéressant les tubes criblés, on trouve toujours les substances albuminoïdes accumulées d'un côté du crible beaucoup plus que de l'autre. Il en avait conclu, non sans quelque raison, que, les substances devant filtrer à travers les cribles, leur accumulation sur une face indiquait évidemment qu'elles avaient été arrêtées par l'obstacle et que ces amas pouvaient montrer le sens du courant.

Nous avons vu dans un chapitre précédent qu'en réalité ces amas ne sont qu'une conséquence du mode opératoire et qu'ils n'existent pas dans les matériaux convenablement traités. Le criterium indiqué par Nægeli est donc tout à fait illusoire ; il fallait en chercher un autre ; nous croyons le trouver dans les considérations suivantes :

1° *Effets produits par les décortications annulaires.* — Les résultats obtenus par Hanstein (voy. p. 295) montrent que dans la tige le liber est habituellement le siège d'un courant descendant pendant la période végétative. Les expériences que nous avons faites sur des branches d'arbres ou d'arbustes nous ont montré que, dans le cas d'une décortication annulaire, le liber prend toujours au-dessus de la plaie un accroissement considérable, mais qu'au-dessous cet accroissement se montre au contraire nul ou très faible (*Castanea vesca*, *Sambucus nigra*, *Cissus quinquefolia*, *Juglans regia*, *Vitis vinifera*, *Corylus Avellana*, *Carpinus betulus*, *Prunus domestica*, *Quercus Robur*, *Pinus sylvestris*, *Sarothamnus scoparius*, *Populus tremula*, etc.). Le bois de nouvelle formation développé au-dessus de la décortication ne se lignifie qu'en certains points,

mais les éléments non lignifiés contiennent une quantité considérable de substances albuminoïdes (*Cerasus Padus*, etc.).

Ces faits, ajoutés à ceux qui ont été signalés par Hanstein, prouvent que les substances élaborées suivent pendant la période végétative une marche descendante dans la tige.

2° *Situation des corps figurés dans les tubes criblés.* — Si dans les matériaux frais ou bouillis les substances albuminoïdes paraissent réparties en même quantité dans les tubes criblés, il n'en est pas de même habituellement pour les corps figurés, grains d'amidon et globules albuminoïdes. Les exemples suivants vont le montrer suffisamment :

Vitis vinifera (tige). — Les amas de substances albuminoïdes se trouvent à la face supérieure des cribles. Le courant paraît donc dirigé vers le bas.

Tilia platyphylla. — Globules albuminoïdes au-dessus des cribles dans le liber de la tige. Courant vers le bas.

Rubus idæus. — Globules à la face supérieure des cribles, dans une tige ordinaire pourvue de feuilles.

Globules au-dessous des cribles, dans une jeune pousse souterraine.

Dans une longue branche enracinée par son extrémité libre, la situation des globules indiquait un courant dirigé vers la plante mère, pour la partie la plus voisine de celle-ci, et un courant vers les racines, pour la partie la plus rapprochée des racines adventives.

Rubus cratægifolius. — Résultats identiques à ceux du *Rubus idæus.*

3° *Boutons muqueux traversant les cribles.* — Quand les perforations des cribles sont très grandes et que les contenus passent directement sans phénomène de diffusion d'un tube à l'autre, il se forme souvent des boutons muqueux, des sortes de gouttelettes allongées pénétrant d'un tube dans le tube suivant. Nous avons constaté ce fait chez le *Vitis vinifera* et les divers *Cucurbita.* Ici encore le courant était dirigé vers le bas (fig. 3 et 7, pl. XXI).

4° *Pénétration du contenu des tubes dans les stries des*

plaques calleuses. — Quand le contenu des tubes s'insinue dans les stries des plaques calleuses, chez le *Cucurbita maxima*, cette pénétration se fait encore par la face supérieure. Les contenus se dirigent donc vers les racines.

Comme on le voit par les faits que nous venons de signaler, les tubes criblés de la tige paraissent être le siège d'un courant descendant pendant la période d'activité.

Mais l'exemple des *Rubus* montre aussi que, dans une jeune pousse souterraine en voie de développement, le courant se dirige de la plante mère vers l'extrémité végétative.

CHAPITRE VIII

MODIFICATIONS APPORTÉES DANS LES TUBES CRIBLÉS PAR L'AGE ET LES SAISONS

L'étude des modifications apportées par l'âge et les saisons dans les tubes criblés a été abordée par MM. de Janczewski et Russow, pour ce qui concerne un certain nombre d'Angiospermes; mais elle demande encore de nouvelles recherches, poursuivies pendant un grand nombre d'années. Les résultats que nous avons obtenus à ce point de vue ne sont pas assez nombreux pour nous permettre de traiter complètement cette partie intéressante de l'histoire des tubes criblés. Nous nous proposons de continuer les recherches que nous avons commencées, et nous nous contenterons, dans le présent chapitre, de signaler un certain nombre de faits qui nous paraissenr définitivement établis.

1° *Poirier*. — Tous les ans la tige du Poirier donne naissance à une couche libérienne comprenant une zone de liber mou et une zone fibreuse (de Janczewski); or, en été, la zone récemment formée contient seule des tubes criblés actifs; dans la zone de l'année précédente et dans toutes les zones plus anciennes, les tubes sont tous passifs.

Il en résulte qu'à la fin de leur première année d'existence les tubes criblés du Poirier se ferment par un cal; celui-ci se

dissout l'année suivante; pendant la durée de cette dissolution du cal, le protoplasme disparaît peu à peu, et le tube paraît définitivement rempli d'eau; les cribles sont débarrassés du cal qui les enveloppait et les ponctuations se montrent sous la forme de fins canaux traversant la membrane criblée.

2° *Vigne.* — Chez la Vigne, la période d'activité des tubes criblés dure plus longtemps que chez le Poirier.

En effet, les tubes formés pendant l'année acquièrent des plaques calleuses en automne. Ces plaques durent tout l'hiver, mais au printemps suivant elles se détruisent, et les cribles se trouvent de nouveau ouverts.

Au moment de l'apparition des plaques, la substance albuminoïde des vacuoles libériennes se détruit peu à peu, et en hiver il ne reste plus guère dans les tubes que le revêtement protoplasmique avec une vacuole contenant un liquide à peu près complètement aqueux. Quant aux grains d'amidon, ils ont disparu tous ou presque tous. Au printemps suivant, le protoplasme des tubes s'insinue dans les fines stries des cals; la coloration jaunâtre de ces stries devient de plus en plus nette; en même temps le cal diminue peu à peu d'épaisseur, tout en conservant des contours bien nettement définis. Enfin, au bout d'un certain temps, on voit que la cloison criblée est revenue à son état primitif; elle présente, comme pendant la première année, de réelles perforations. La vacuole a repris son contenu gélatineux; de nouveaux grains d'amidon naissent dans le protoplasme pariétal; une nouvelle période d'activité commence pour les tubles criblés.

Mais, à la fin de la deuxième année, le cal apparaît de nouveau, et développe rapidement, à l'approche de l'hiver, des plaques calleuses de chaque côté des cribles. Le contenu épais des vacuoles disparaît; le protoplasme pariétal perd toute activité; il est d'ailleurs appelé à une rapide destruction.

Le cal formé ainsi à la fin de la deuxième année est presque toujours plus développé que celui de la première année; la striation est beaucoup moins apparente. D'après MM. de

Janczewski et Russow, ce cal de la deuxième formation serait appelé à disparaître au commencement de la troisième année. Nous avons trouvé, en effet, des exemples d'une destruction aussi rapide; mais, en revanche, nous avons vu souvent le cal persister très longtemps sans disparaître; il perd alors peu à peu la propriété de fixer les réactifs colorants, et ses bords deviennent irréguliers.

Le mode de destruction du cal se montre d'ailleurs très différent de celui que nous venons d'indiquer plus haut pour le cal de première année. C'est par la surface qu'il se dissout peu à peu; ses bords semblent se fondre dans le liquide qui remplit le tube; l'épaisseur du cal diminue insensiblement, et, en fin de compte, il ne reste plus que la cloison cellulosique, permettant une libre communication entre les deux éléments successifs. Dès le moment où le protoplasme pariétal a perdu son activité, le contenu de la vacuole est devenu peu à peu complètement aqueux. Le tube peut être alors considéré comme passif.

3° *Rosier*. — Le liber du *Rosa rubiginosa*, que j'ai spécialement étudié à ce point de vue, comprend des tubes criblés assez rares, à cloisons terminales peu inclinées et généralement pourvues d'un crible unique. La durée de la période d'activité est la même que pour la Vigne (deux ans); mais une différence importante peut être établie entre ces deux végétaux; en effet, chez le *Rosa*, les cribles ne développent pas de cals à la fin de la première année; en deux mots, le cal transitoire, analogue à celui de la Vigne, n'existe pas.

Quant à la durée exacte de la période d'activité, je ne saurais la préciser; tout ce que je puis dire, c'est que le cal définitif apparaît dans la deuxième année de l'existence des tubes.

4° *Tilleul*. — Chez le Tilleul, les derniers tubes formés restent complètement ouverts pendant plusieurs années, aussi bien pendant l'hiver que pendant l'été; et, quand le cal apparaît, l'époque même de cette apparition ne se montre aucunement en relation avec l'alternance des saisons de l'année; le cal apparaît tout aussi bien en été qu'en hiver. Après un

certain temps, le contenu s'est modifié; il ne reste plus que des granulations protoplasmiques à la surface interne du tube. Enfin le cal se dissout et les cribles restent définitivement ouverts. Mais les tubes ont perdu leur activité du moment où le protoplasme a perdu ses caractères propres. La période passive ne commence pas, comme le croit M. de Janczewski, au moment où le cal est complètement dissous, mais bien plutôt au moment où la gelée disparaît.

Comme on peut le voir par l'exposé qui précède, le Tilleul se distingue de la Vigne en ce que l'époque d'apparition du cal est indépendante des saisons chez le Tilleul, tandis qu'elle est liée à l'apparition de l'hiver chez la Vigne. De plus, chez cette dernière plante, il se développe un cal provisoire à chaque hiver; chez le Tilleul, il ne se produit que des cals définitifs.

D'après M. de Janczewski, les *Fagus sylvatica*, *Rosa canina* et *Aristolochia Sipho*, se comportent comme le Tilleul. M. Russow y a ajouté les *Rhamnus cathartica*, *Rosa Gmelini*, *Berberis vulgaris*, *Atragene alpina*, *Ilex Aquifolium*, *Ficus carica*, *Coriaria myrtifolia* et *Nerium Oleander*; enfin, M. Russow a constaté qu'il en est encore de même pour les plantes de serre qu'il a étudiées. Nous pouvons confirmer ce dernier fait pour les *Piper*, *Macropiper*, *Ficus*, etc.

L'évolution des tubes criblés se montre donc sous des aspects multiples; nous ne saurions à présent fournir la raison physiologique de ces différences; mais une étude attentive et longuement poursuivie de l'évolution du liber viendra sans doute résoudre cet important problème.

Pour ce qui concerne les causes du développement du cal, nous ne pouvons que consigner ici les résultats de quelques expériences que nous avons effectuées sur les *Cucurbita*, *Ampelopsis* et *Vitis*.

1° *Cucurbita*. — Nous avons fait, à la même époque, des semis de *Cucurbita maxima*, *C. melanosperma* et *C. moschata* Pour chacune de ces espèces, nous avions deux catégories de semis, les uns à la lumière, les autres à l'obscurité. Nous

avons ensuite observé le liber de la tige hypocotylée des jeunes plantes ainsi obtenues.

Cucurbita maxima. — Les tubes criblés de la tige hypocotylée dans les germinations obtenues en pleine lumière ont leurs cribles ouverts; il n'existe pas de plaques calleuses développées; le contenu des tubes est normal. Au contraire, dans les germinations obtenues à l'obscurité on rencontre des plaques calleuses dont l'épaisseur atteint jusque trois, quatre et même cinq fois le diamètre du tube criblé (fig. 18, 19, 23, 24 et 25, pl. XXII). On trouve, d'ailleurs, tous les intermédiaires entre les cribles à peine épaissis de la région la plus voisine du cambium et les cribles à cal volumineux de la région externe; le diamètre des tubes est plus faible que celui des tubes appartenant aux germinations faites à la lumière; enfin, le contenu des tubes se compose du protoplasme pariétal et d'un liquide très épais qui remplit la vacuole.

Nous avons remis à la lumière des germinations obtenues à l'obscurité; au bout d'un mois, l'observation nous a montré que les cals très épais de la région externe du liber ont conservé leur volume; mais ceux qui étaient moins développés et qui appartenaient à la région interne ont disparu; les cribles sont nettement ouverts.

Inversement, dans les germinations obtenues à la lumière et placées ensuite à l'obscurité pendant un mois, les cloisons criblées s'étaient épaissies; celles de l'extérieur possédaient des plaques calleuses bien caractérisées.

Nous avons obtenu les mêmes résultats pour les germinations de *Cucurbita melanosperma* et *moschata* observées dans les mêmes conditions; mais chez ces deux dernières espèces, le cal était moins volumineux que chez le *Cucurbita maxima*, pour les germinations obtenues à l'obscurité.

2° *Vitis vinifera*. — Une jeune pousse de Vigne observée en hiver contenait dans le liber de sa tige des cals bien développés. Placée dans une serre au commencement de janvier, elle y est restée jusqu'au 10 février. Nous avons observé qu'à cette époque, le contenu des tubes était plus riche en matières

albuminoïdes; de plus, les cribles de la région voisine du cambium étaient ouverts; ceux qui étaient plus à l'extérieur possédaient encore des plaques calleuses bien nettes; mais les stries jaunâtres correspondant aux ponctuations se montraient beaucoup plus prononcées qu'à l'époque de la mise en serre (fig. 35, pl. XXIII). Sans aucun doute, si l'expérience avait duré plus longtemps, nous aurions assisté à la dissolution du cal; mais la saison était déjà trop avancée et les résultats que nous aurions obtenus, en prolongeant cette expérience, n'auraient pu que s'ajouter au phénomène de dissolution normale dû au retour du printemps.

3° *Ampelopsis humulifolia.* — Un jeune plant d'*Ampelopsis humulifolia*, observé en été, ne contenait que quelques cals dans le liber de la tige. Maintenu à l'obscurité pendant un mois, il a pris une longueur beaucoup plus considérable que les plants semblables laissés à la lumière, et dans les parties nouvellement formées nous avons rencontré de nombreux cribles pourvus de plaques calleuses.

Les résultats que nous venons de consigner montrent que le développement du cal est sous la dépendance des phénomènes de nutrition, puisque la végétation à l'obscurité détermine l'accroissement du cal. Dans ces conditions, la fonction chlorophyllienne est supprimée et le dégagement de vapeur d'eau notablement diminué.

Il pouvait paraître intéressant de voir si le liber des plantes à feuilles persistantes se comporte en hiver comme celui des plantes à feuilles caduques. Nous avons étudié, à ce point de vue, le genre *Quercus* dont certaines espèces conservent leurs feuilles en hiver (*Quercus Mirbeckii*, *Q. Ilex*, *Q. ballota*, *Q. coccifera*, *Q. pseudo-coccifera*, etc.), tandis que les autres les perdent à l'automne (*Q. Robur*, *Q. libani*, *Q. olivæformis*, *Q. phellos*, *Q. macrocarpa*, *Q. alba*, etc.). Or nous avons trouvé qu'il se développe en hiver des plaques calleuses aussi bien sur les premiers que sur les seconds. Bien mieux, les feuilles de *Q. ballota*, *Q. coccifera* et *Q. Mirbeckii* présentaient

des cribles calleux au mois de janvier. Si notre première proposition est générale, à savoir que la suppression de la fonction chlorophyllienne entraîne le développement du cal, on ne peut expliquer le développement du cal sur les cribles des feuilles que par une diminution notable dans l'exercice de cette fonction pendant la saison froide. La recherche de l'optimum de température pour l'exercice de la fonction chlorophyllienne pourrait apporter quelque lumière sur ce sujet.

Mais nous pensons aussi qu'il n'est possible d'arriver à une explication satisfaisante des faits que nous avons énoncés et des différences considérables dans l'évolution du liber chez les diverses plantes, qu'en complétant ce premier ordre de recherches par l'étude des rapports qui existent entre les diverses couches du liber de la tige et les parties vertes persistantes, que ces parties vertes soient des feuilles ou des rameaux jeunes.

CHAPITRE IX

RÉSUMÉ DES PHASES SUCCESSIVES PAR LESQUELLES PASSENT LES TUBES CRIBLÉS

M. de Janczewski, dans le travail que nous avons rappelé si souvent, admet pour les tubes des Monocotylédones trois phases ou périodes successives : la période évolutive, la période active et la période passive. Chez les Dicotylédones, il ne cite plus la période évolutive, mais elle existe bien certainement dans sa pensée aussi bien que pour les Monocotylédones, et il y ajoute trois autres périodes : la période active, la période transitoire et la période passive.

Pour ce qui nous concerne, nous pensons que l'évolution des tubes criblés est la même, dans ses grandes lignes au moins, chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones. Nous la divisons en trois périodes d'inégale durée : la *période active*, la *période transitoire* et la *période passive*.

D'après ce que nous avons dit plus haut, le tube criblé est

déjà en activité dès avant la perforation des cribles. La perméabilité de certains points de la membrane assure le passage des substances d'un tube à l'autre. D'après M. de Janczewski lui-même, les tubes des Gymnospermes ne seraient jamais perforés véritablement. Nous avons montré que chez un grand nombre d'Angiospermes, où il a été impossible de mettre en évidence les filaments muqueux passant d'un tube à l'autre, rien ne prouve l'existence de ces filaments et la perforation réelle du crible. M. de Janczewski admet, d'ailleurs, que chez les Gymnospermes la période d'activité existe sans aucune perforation visible des membranes.

Il en résulte que nous sommes autorisés à faire commencer la période d'activité au moment même de la formation des tubes criblés. Dans cette manière de voir, la période évolutive de M. de Janczewski se réduit évidemment au temps nécessaire pour la genèse du tube criblé.

La période active se continue pendant un temps variable avec les plantes jusqu'au moment où le protoplasme des tubes perd son activité ; dès ce moment le crible se recouvre invariablement d'un cal.

Ici commence la période transitoire. Pendant cette période le cal s'épaissit à mesure que disparaissent le protoplasme et la matière albuminoïde que contenaient les vacuoles des tubes. Enfin au bout d'un certain temps le cal se résorbe, se dissout peu à peu et il ne reste plus qu'une cloison cellulosique avec des perforations plus ou moins grandes permettant le libre passage de l'eau d'un tube à l'autre. Dès ce moment le tube a atteint la période passive ; il conserve probablement encore la propriété de livrer passage à l'eau, mais il n'est plus apte à conduire les substances albuminoïdes.

DIFFÉRENCES ENTRE LES MONOCOTYLÉDONES ET LES DICOTYLÉDONES

Mais ces trois phases sont bien loin d'avoir la même durée et la même valeur chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones.

Chez les Monocotylédones (*Phragmites*, *Typha*, *Convallaria*, *Orchis*, *Ophrys*, etc.), la phase active dure presque aussi longtemps que l'organe. Si cet organe ne dure qu'une saison, la période active se poursuit jusqu'à la fin de cette saison ; alors le crible s'épaissit : c'est la période transitoire qui survient.

Si au contraire l'organe a une durée de plusieurs années, la période active se poursuit pendant le même temps. Enfin, quand la disparition de l'organe est prochaine, se produit le développement du cal.

Il ne faut pas croire d'ailleurs que cette longue période d'activité soit uniforme. Dans le rhizome du *Convallaria maialis*, nous avons constaté que les cribles s'épaississent en hiver pour reprendre au printemps leur épaisseur normale. La vie des tubes présente donc ici des périodes de vie latente correspondant à la durée de la saison froide.

La période transitoire peut être considérée comme la dernière en date dans les organes annuels, car la mort survient alors que le cal n'est pas encore dissous. Mais pour ce qui concerne les organes à durée plus longue, on voit que cette période est suivie d'une véritable période passive, caractérisée par ce fait que le cal a disparu et que le tube ne paraît plus contenir que de l'eau avec quelques granulations qui sont les derniers vestiges du revêtement protoplasmique de chaque élément.

Chez les Dicotylédones, la période active se termine avec la mort de l'organe ou de la plante pour ce qui concerne les plantes annuelles. Presque toujours le cal n'est pas encore formé quand la mort survient.

Dans les organes vivaces, il n'en est plus de même ; la période active peut durer un an (Poirier) ; deux ans (Rosier, Vigne) ; ou même un plus grand nombre d'années (Tilleul, Hêtre, etc.). Cette période active est toujours coupée par des périodes de vie latente pendant la saison froide ; mais les manifestations de cette vie latente sont variables suivant les plantes considérées : chez la Vigne, le cal se développe en hiver pour se dissoudre au printemps ; chez le Tilleul, au contraire,

les cribles restent ouverts ; seul le contenu des tubes se montre différent de ce qu'il est en été : la vacuole est en effet moins riche en matières albuminoïdes.

La période transitoire débute au moment de l'apparition du cal définitif ; celui-ci est toujours plus volumineux que le cal d'hiver destiné à se dissoudre au printemps. La période transitoire dure un temps très variable suivant les plantes et même suivant les tubes dans la même plante.

Enfin la dissolution de ce cal rend complètement libre la cloison cellulosique des cribles : la communication est ouverte d'un tube à l'autre. Les tubes ont atteint la période passive. Celle-ci peut durer très longtemps, car la plante, par suite de l'activité du cambium, ayant produit du liber de nouvelle formation, son existence peut se continuer pendant un grand nombre d'années.

Enfin, nous en aurons fini avec cet exposé quand nous aurons dit quelques mots du liber des racines ; et nous aurons montré une fois de plus la complexité des problèmes que soulève l'étude du liber.

Chez les plantes où les tubes criblés de la tige développent un cal provisoire en hiver, les cribles des racines restent au contraire pendant cette période complètement ouverts ou du moins ne s'épaississent pas. Nous pouvons citer à ce point de vue la Vigne et divers *Rubus* (*Rubus idæus*, *Rubus tomentosus*, etc.) ; d'après Russow, il en est de même pour les *Populus tremula*, *P. nigra*, *P. laurifolia*, *Quercus pedunculata*, *Acer platanoïdes*, etc. D'après le même auteur, les racines du *Vitis amurensis* possèdent au contraire pendant la saison froide des cals volumineux comme ceux du liber de la tige. Nous citerons encore les *Cucurbitu*, dont les racines à la fin de l'été présentent des cals bien développés analogues à ceux du liber de la tige.

Enfin chez les plantes dont les tubes ont une durée variable, mais toujours supérieure à une année, si les cribles de la tige ne développent pas de cal provisoire en hiver, il en est de même d'après M. Russow pour ceux des racines.

CONCLUSIONS

Nous pouvons résumer dans les propositions suivantes les résultats des recherches consignées dans ce mémoire (1) :

1° Le liber des Angiospermes comprend deux catégories d'éléments : les *éléments essentiels* (tubes criblés et cellules-compagnes) ; les *éléments accessoires* (parenchyme libérien, cellules scléreuses et fibres libériennes);

2° *Les fibres entourées par du liber possèdent presque toujours des caractères histologiques et micro-chimiques différents de ceux des fibres extérieures au liber ;*

3° Le parenchyme libérien est souvent formé de cellules allongées (fibreuses), simples ou cloisonnées transversalement ;

4° *Les canaux sécréteurs du liber ne confinent jamais aux tubes criblés ;*

5° Les tubes criblés des Angiospermes sont disséminés irrégulièrement dans le liber primaire ; souvent en séries radiales dans le liber secondaire et en îlots formés par le cloisonnement longitudinal plusieurs fois répété de certaines cellules, chez les Lobéliacées, Crassulacées, Solanées, etc. ;

6° Il existe deux types distincts de tubes criblés : le type Courge et le type Vigne, mais il n'est pas rare de trouver dans une même plante tous les intermédiaires entre ces deux types ;

7° *Les éléments séparés des tubes criblés par des cloisons tangentielles* (Aristolochia Sipho) *doivent être considérés comme des cellules-compagnes, au même titre que ceux qui en sont détachés par un cloisonnement radial ou oblique ;*

8° *Dans le liber secondaire, les cellules-compagnes sont souvent situées entre les tubes criblés d'une part et le parenchyme libérien ou les rayons médullaires d'autre part ;*

9° Chaque cellule-compagne peut se diviser par des cloi-

(1) Les conclusions nouvelles sont en italique ; les autres ne sont que l'extension ou la confirmation des résultats déjà acquis.

sons transversales seulement ou bien à la fois par des cloisons transversales et des cloisons longitudinales ;

10° Outre les cribles situés sur leurs cloisons terminales, les tubes peuvent en posséder d'autres, habituellement plus petits, sur leurs cloisons longitudinales ;

11° Les faisceaux libériens peuvent être réunis transversalement par des séries de cellules criblées, développées dans les rayons médullaires ;

12° *Dans le liber des feuilles, les tubes appartiennent toujours au type de la Courge, quelle que soit la forme des tubes de la tige.*

Dans le liber primaire des tiges, il en est de même ;

13° Dans les racines, ils ont la même forme que dans la tige ;

14° *La cloison destinée à devenir un crible n'est pas tout d'abord homogène ; la cellulose ne se développe que suivant des bandes entre-croisées circonscrivant des mailles ; celles-ci, plus perméables que la cellulose, pourront se transformer en ponctuations ;*

15° *Les cribles du liber primaire (Vigne et Tilleul) appartiennent au type de la Courge ; peu à peu ces cloisons s'étendent et le crible simple se fragmente en plusieurs cribles pour donner une plage criblée ;*

16° *Le cal est dû au développement exagéré de la mince couche de la membrane qui recouvre les filaments de cellulose ;*

17° Les réactions du cal sont à peu près identiques chez toutes les plantes ; il présente habituellement des stries correspondant aux ponctuations des cribles ;

18° L'accumulation de substances albuminoïdes contre les cribles n'existe pas dans les matériaux frais ; elle est une conséquence du mode opératoire ;

19° Le noyau des tubes criblés disparaît habituellement de bonne heure comme corps figuré ; *mais on peut encore parfois le retrouver dans le protoplasme pariétal des tubes en activité ;*

20° Le contenu d'un tube criblé arrivé à la période d'acti-

vité se compose d'une mince couche de protoplasme pariétal se continuant au niveau des cribles et d'une *grande vacuole centrale contenant de l'eau avec des substances albuminoïdes en dissolution ;*

21° *Le protoplasme des tubes en activité est vivant ; les tubes ne sont pas des éléments morts ;*

22° Les tubes à la période d'activité fonctionnelle ne conduisent guère que des substances albuminoïdes ; *nous n'avons jamais observé le passage direct des grains d'amidon, mais nous avons souvent reconnu l'impossibilité de ce passage ;*

23° Les cellules-compagnes ont un contenu très riche en matières albuminoïdes ; elles sont toujours dépourvues d'amidon ; *leur noyau est très allongé dans le liber des Monocotylédones ;*

24° *Les mouvements propres du protoplasme des tubes en pleine activité doivent entrer en ligne de compte pour l'explication des phénomènes de transport ;*

25° Le sens de ce transport ne peut être déterminé que dans certains cas particuliers ; *dans une très jeune pousse souterraine* (*Rubus*), *il est ascendant ; il est habituellement descendant dans le liber d'une tige adulte ;*

26° La durée de l'activité des tubes criblés est très variable (une saison à dix ans et même plus) ;

27° L'apparition du cal ne coïncide pas nécessairement avec e commencement de l'hiver ;

28° Dans le cas d'une activité de plusieurs années, les cribles peuvent développer un cal en automne et le perdre au printemps (Vigne) ou bien rester indépendants de la marche des saisons (Tilleul) ;

29° *Des germinations de Courge maintenues à l'obscurité ont développé dans le liber de la tige hypocotylée des cals volumineux, tandis que des germinations semblables obtenues en pleine lumière avaient leurs cribles perforés.*

EXPLICATION DES FIGURES.

Planche XXI.

Fig. 1. Section transversale dans le liber externe d'un faisceau de la tige du *Cucurbita melanosperma*. — *t*, tubes criblés (gr. 270).

Fig. 2. Tubes criblés de *Cucurbita Pepo* débarrassés de leur contenu (tige du 15 septembre). — *a*, *a*, *a*, cals bien développés avec stries; *b*, cal avec une ouverture en entonnoir permettant une libre communication entre deux tubes consécutifs; *c*, plaques calleuses détachées de la cloison criblée; *d*, cals d'inégale épaisseur situés sur les parois longitudinales de deux tubes voisins (gr. 240).

Fig. 3. Tube criblé de *Cucurbita Pepo* avec cellules-compagnes *c*, *c*, pourvues de vacuoles. — Le contenu, *a*, du tube est déjà contracté; mais il n'existe pas d'amas aux extrémités; des boutons muqueux, *b*, *b*, traversent les ponctuations des cribles et indiquent le sens descendant du courant (gr. 425).

Fig. 4. Fragment de tube criblé de *Cucurbita maxima* avec un noyau *n*.

Fig. 5. Fragment de tube criblé de *C. maxima* avec cal. On voit le crible par transparence; des bandes de protoplasme pénètrent dans les stries (gr. 210).

Fig. 6. *Id.* avec stries nombreuses dans le cal et petits cribles latéraux.

Fig. 7. Fragment d'un tube criblé de *C. Pepo*. Un volumineux amas d'albumine coagulée est appliqué sur l'une des faces du crible; celui-ci est traversé par des boutons muqueux de très grande longueur (matériaux dans de l'eau sucrée) (gr. 400).

Fig. 8. Fragment d'un tube criblé de la tige du *C. maxima;* le contenu contracté est retenu au cal par des filaments engagés dans les stries (gr. 330).

Fig. 9 et 10. Deux cribles de *C. maxima* vus de face. — En 9, les mailles sont encore pleines; en 10, elles sont déjà traversées par des filaments muqueux dont la section forme une tache sombre au centre de chaque maille (gr. 350).

Planche XXII.

Fig. 11. Contenus appartenant à deux tubes criblés consécutifs de la tige du *Cucurbita Pepo*, après l'action de l'acide sulfurique. Les filaments muqueux sont bien conservés; quant à la vacuole interne, elle est fortement contractée, surtout dans la partie supérieure de la figure, et on la voit par transparence, emprisonnée par la couche de protoplasme pariétal (gr. 400).

Fig. 12. Tube criblé d'une tige jeune de *Cucurbita Pepo*. Le protoplasme détaché de la paroi offre une striation longitudinale très nette (gr. 400).

Fig. 13. Un cal volumineux de *C. Pepo* avec stries (gr. 400).

Fig. 14. Un cal de *C. Pepo* avec plusieurs ouvertures en entonnoir (gr. 400).

Fig. 15. Portion très grossie de la membrane longitudinale entre un tube criblé de *C. maxima*, et une cellule-compagne, pour montrer l'hétérogénéité de cette membrane.

Fig. 16. Un cal en voie de développement dans le liber de la tige du *Cucurbita melanosperma* (20 octobre). Des boutons muqueux renflés en tête s'engagent dans les stries du cal (gr. 450).

Fig. 17. Un cal volumineux de *Cucurbita Pepo*, avec une seule ouverture en entonnoir (gr. 400).

Fig. 18. Cal de *Cucurbita maxima* dans la tige hypocotylée d'une germination à l'obscurité. La substance calleuse n'est pas homogène; mais les stries ne sont plus visibles (gr. 500).

Fig. 19. Une cloison criblée du même dans la région interne du liber; le cal n'est pas encore développé (gr. 500).

Fig. 20. Un crible de *Cucurbita Pepo* avec boutons muqueux (matériaux étudiés dans l'eau sucrée) (gr. 450).

Fig. 21 et 22. Développement de la cloison criblée du *Cucurbita maxima*. 11 correspond à l'état figuré en 9, et 22 correspond à 10 (gr. 350).

Fig. 23, 24 et 25. États successifs du développement du cal dans le liber de la tige hypocotylée d'une germination de *Cucurbita moschata* à l'obscurité (gr. 500).

Fig. 26, 27 et 28. Développement du contenu d'un tube criblé dans la tige très jeune du *Cucurbita maxima*. — En 28, on voit deux vacuoles et un noyau; dans la figure 27, les deux vacuoles sont fusionnées, et en 26, le noyau a disparu; des gouttelettes très réfringentes sont figurées de côté en 27 et de face en 26 (gr. 550).

Fig. 29. Fragment d'un tube criblé de *Cucurbita maxima* avec petits cals latéraux (gr. 200).

Fig. 30. Cloison longitudinale très grossie d'un tube de *Cucurbita melanosperma* avec cribles latéraux.

Fig. 31. La même vue de face et colorée par le chlorure de zinc iodé (gr. 400).

Fig. 32. *Id.* de *Cucurbita maxima* (gr. 400).

Planche XXIII.

Fig. 33. Section transversale dans le liber d'une tige de *Vitis vinifera*. — *r*, rayon médullaire principal; *r'*, *r'*, médullaire secondaire; *f*, *f*, *f*, fibres libériennes; *t*, tubes criblés; *c*, cellules-compagnes (gr. 200).

Fig. 34. Tube criblé et cellules-compagnes (*c*, *c*) dans le pédoncule d'une grappe de raisin; *p*, protoplasme pariétal; *g*, contenu interne contracté contre le crible; il se montre nettement indépendant du protoplasme pariétal (gr. 200).

Fig. 35. Deux cals de *Vitis cebennensis* après deux mois et demi de séjour dans une serre en hiver; la striation est très nette (gr. 400).

Fig. 36, 37 et 38. États successifs demi-schématiques d'un crible simple de *Vitis vinifera* se transformant en une plage criblée.

Fig. 39. Plusieurs tubes criblés de *Vitis vinifera* en section longitudinale tangentielle et débarrassés de leur contenu. — *c*, *c*,... cellules-compagnes; *t*, *t*,... tubes criblés avec leurs cloisons obliques pourvues de plusieurs cals (gr. 250).

Fig. 40. Anastomose par une série de *cellules criblées* entre deux îlots libériens de *Vitis cebennensis*. Chacune des cellules criblées possède une ou plusieurs cellules-compagnes (gr. 180).

Fig. 41, 42, 43, 44. États successifs du noyau dans un tube très jeune de la tige du *Vitis vinifera*. — 42, 43, 44, fragmentation du nucléole; 41, l'enveloppe du noyau se déchire (gr. 400).

Fig. 45. Deux jeunes tubes dans un pétiole de *Vitis vinifera;* les cribles ont une direction transversale et sont simples; les vacuoles sont encore séparées du crible par une couche épaisse de protoplasme (gr. 450).

Fig. 46. Plage criblée de *Vitis vinifera* vue de face (gr. 400).

Fig. 47. Plage criblée de *Carya juglandifolia* vue de face (gr. 440).

Fig. 48, 49, 50, 51 et 52. États successifs du développement du cal chez le *Rubus idæus* (gr. 675).

Planche XXIV.

Fig. 53. Section transversale dans le liber stratifié de la tige du *Tilia platyphylla*. — *r*, *r*, rayon médullaire principal; *r'*, *r'*, rayon médullaire secondaire; *f*, fibres libériennes; *p*, parenchyme libérien; *t*, tubes criblés et cellules-compagnes (gr. 225).

Fig. 54. Une cloison criblée de *Tilia platyphylla* avec cinq cals bien développés. — *c*, *c*, cellules-compagnes (gr. 950).

Fig. 55. Deux cloisons criblées simples dans la feuille du *Quercus virens;* dans la tige on trouve des plages criblées (gr. 800).

Fig. 56. Tube criblé de *Ricinus communis* (tige), pour montrer que les grains d'amidon accumulés près du crible sont plus grands que les ponctuations.

Fig. 57, 58, 59, 60. Section transversale dans le liber de la racine du *Lappa major* et divers modes de cloisonnement des éléments de ce tissu (gr. 400).

Fig. 61. Fragment de liber de la tige de l'*Impatiens japonica*. — *t*, tubes criblés, sensiblement en séries radiales; les cellules-compagnes sont représentées avec leur contenu protoplasmique (gr. 560).

Fig. 62. Très longue cloison criblée de *Rubus idæus* avec un seul crible. — *c*, *c*, cellules-compagnes; *g*, *g*, globules de matière albuminoïde (gr. 480).

Fig. 63, 64, 65, 66, 67. Cellules fibreuses du parenchyme libérien du *Rubus idæus*, avec leurs divers modes de cloisonnement (gr. 275).

Fig. 68. Section transversale dans la tige hypocotylée du *Datura Stramonium;* le liber y forme des îlots bien distincts (gr. 290).

Fig. 69. Tubes criblés du rhizome de *Convallaria maialis*. — *g*, globule de matière albuminoïde; *p*, cellule de parenchyme libérien avec son noyau ovoïde; *c*, *c*, deux cellules-compagnes avec leurs noyaux allongés, *n*, *n*.

Fig. 70. Un crible du même, déjà épaissi par le cal (gr. 750).

Fig. 71. Un tube criblé jeune de *Lappa tomentosa*, avec un reste de noyau, *n*.

RECHERCHES SUR LE PÉRIDERME

Par M. H. DOULIOT

INTRODUCTION

Le périderme est une formation secondaire due au cloisonnement régulier d'une assise génératrice dont les éléments se différencient le plus souvent en deux couches, l'une externe, l'autre interne. Ces deux couches, séparées l'une de l'autre par l'assise génératrice qui leur a donné naissance, prennent des caractères spéciaux conformes aux rôles qu'elles auront à jouer dans la vie de la plante. La couche extérieure a le plus souvent un rôle protecteur et les membranes de ses cellules restent rarement en cellulose pure; le plus souvent elles se transforment en suber, parfois même elles se lignifient; la couche interne conserve le plus souvent ses parois de cellulose, bien que parfois elle présente des points de lignification. La première est le liège; la seconde, le phelloderme.

Les cloisons successives qui ont découpé dans l'assise génératrice les cellules du liège se succèdent de l'extérieur vers l'intérieur de la plante, de telle sorte que la plus jeune soit la plus voisine du centre : cette formation est par définition centripète. Inversement les cloisons du phelloderme se succèdent de l'intérieur vers l'extérieur de la plante, de telle sorte que la plus récemment formée soit la plus éloignée du centre : cette formation est centrifuge. L'assise génératrice du périderme a reçu le nom de phellogène.

En d'autres termes, dans les plantes pourvues de formations secondaires, une assise de cellules déjà différenciées située en dehors du système libéroligneux s'accroît dans le sens radial et se cloisonne tangentiellement d'une façon cen-

tripète pour fournir le liège et d'une façon centrifuge pour fournir le phelloderme. Telle est la formation dont je me suis proposé de faire l'étude.

M. Joseph Moeller, dans son *Anatomie de l'Écorce des Arbres* (1), donne (p. 406) un résumé de l'état actuel de la science au sujet du périderme, que nous lui empruntons :

« Le phellogène est immédiatement sous l'épiderme dans les familles ou les genres suivants :

« *Abies*, *Callitris* (en partie), Bétulacées, Corylacées, Cupulifères, Ulmacées, Celtidées, Morées, Artocarpées, Urticées, *Platanus*, *Populus*, Daphnoïdées, Éléagnées, Protéacées, *Tarchonanthus*, *Cinchona*, *Viburnum Opulus*, *Sambucus*, Oléacées, Asclépiadées (excepté *Periploca*), *Cestrum*, *Paulownia*, Bignoniacées (excepté *Tecoma*), *Crescentia*, *Achras*, *Lucuma*, *Diospyros*, *Ampelopsis*, *Cornus mas*, Araliacées, *Weinmannia*, *Menispermum* (en partie), Magnoliacées, *Capparis* (en partie), Malvacées, *Sterculia* sp., Buttnériacées, Tiliacées, Canellacées, *Tamarix*, *Citrus*, Méliacées, *Cedrela*, *Acer*, Malpighiacées, *Erythroxylon*, Sapindacées, *Æsculus*, *Pittosporum*, *Celastrus*, Rhamnées, Euphorbiacées, Juglandées, Anacardiacées, *Amyris*, Simarubacées, Zanthoxylées, *Eucalyptus* (en partie), *Calycanthus*, Amygdalées, Césalpiniées (excepté *Gleditschia*).

« Le phellogène est l'épiderme lui-même dans les cas suivants : *Sequoia* (en partie?), *Phyllocladus*, *Salix*, *Cinnamomum*, *Laurus*, *Viburnum* (excepté *V. Opulus*), *Jasminum*, *Nerium*, *Periploca*, *Datura*, *Cornus* (excepté *C. mas*), *Aucuba*, *Cratæva*, *Sterculia* sp., *Calophyllum*, *Staphylea*, *Evonymus*, *Ilex*, Diosmées, *Guaiacum*, Pomacées, *Rosa*, *Virgilia*.

« Le phellogène est une rangée plus profonde de cellules de l'écorce primaire, mais en dehors des faisceaux, dans les *Larix*, *Sequoia* (en partie), *Callitris* (en partie), *Salisburia*, *Aristolochia*, *Coffea*, *Strychnos*, Verbénacées, *Lycium*, *Tecoma*, *Ixora*, *Sapota*, *Ribes*, *Capparis* (en partie), Berbéridées,

(1) J. Moeller, *Anatomie der Baumrinden*, Berlin, 1882.

Negundo, *Serjania*, *Eugenia* sp., *Eucalyptus* (en partie), *Cytisus*, *Amorpha*, *Robinia*, *Sophora*, *Cercis*, Mimosées.

« Le phellogène est dans la région des faisceaux vasculaires primaires, dans les Cupressinées (excepté *Callitris*), *Taxus*, *Podocarpus*, Lonicérées, *Buddleia*, Éricacées, *Vitis*, *Escallonia*, *Camellia*, *Combretum*, *Philadelphus*, *Melaleuca*, *Callistemon*, *Myrtus*, *Eugenia* sp., *Persica*, *Spiræa*, *Colletia*.

« Ces quatre types de la formation du périderme peuvent se ramener à trois, en séparant les cas où le périderme est sous-épidermique et ceux où il se forme dans une assise de cellules plus profonde de l'écorce primaire de ceux où il est épidermique, d'une part, et d'autre part de ceux où il a ses initiales dans le liber des premiers faisceaux, c'est-à-dire dans une formation secondaire. »

On voit combien les deux derniers cas établis par M. Moeller manquent de précision. Tous les exemples qu'il cite doivent être observés de nouveau, afin que l'on puisse savoir si le lieu de formation du périderme est une assise quelconque de l'écorce, ou l'endoderme, ou le péricycle, ou une assise de parenchyme libérien.

Depuis les plus récents travaux sur le périderme, la nomenclature des différentes parties de la tige a subi, en effet, des modifications. La limite entre l'écorce et le cylindre central a été précisée par la connaissance de l'endoderme et du péricycle; il nous est donc possible de fixer, plus exactement qu'on ne l'a fait jusqu'aujourd'hui, la position du périderme, toutes les fois qu'il ne se forme ni dans l'épiderme, ni exactement sous l'épiderme. Les descriptions des auteurs ne pouvaient nous éclairer; nous avons dû observer le mode de formation du périderme, dans tous les cas où il n'était pas épidermique ou sous-épidermique, afin de fixer sa position par rapport à l'endoderme.

Dans le cours de ce travail, nous avons pu constater que la formation du périderme s'accompagnait souvent d'une destruction de l'écorce, à laquelle le périderme se substitue comme tissu protecteur par son liège et comme tissu de réserve par son phelloderme.

La position du phellogène ne nous arrêtera pas longtemps dans le cas où elle est superficielle; çà et là nous avons ajouté quelques exemples à ceux déjà connus; nous nous sommes étendu plus longuement sur les cas où le périderme est profond et où la position du phellogène pouvait offrir matière à discussion. Pour que cette étude fût complète, il eût fallu pouvoir passer en revue chaque genre de chaque famille, après avoir constaté que les phénomènes observés étaient constants pour les différentes espèces d'un genre. Nos connaissances particulières y eussent gagné peut-être en précision, nos connaissances générales n'y auraient pas gagné en étendue. J'ai dû forcément borner le nombre d'espèces étudiées : il s'élève cependant au total de 450, et je crois que, dans ce grand nombre d'exemples, tous les modes possibles de formation du périderme ont dû passer sous mes yeux; ceux qui m'ont échappé ne sauraient être fréquents.

Mes recherches m'ont amené à considérer cinq cas dans la formation du périderme quant à la position du phellogène.

Le phellogène est : 1° l'épiderme lui-même; 2° l'assise sous-épidermique; 3° une assise de l'écorce; 4° l'endoderme; 5° le péricycle.

De ces cinq cas, le second, le cinquième et le premier sont très fréquents, les deux autres sont très rares. Ils sont accompagnés d'un mode variable de destruction de l'écorce. Nous allons passer en revue ces différents modes de formation du périderme et de destruction de l'écorce dans diverses familles de Dicotylédones.

Bien que nous fassions entrevoir dans ce travail des considérations physiologiques, c'est surtout un travail de morphologie comparée.

Nous avons borné notre étude aux végétaux dicotylédones, et dans ceux-ci nous avons étudié la formation du périderme uniquement dans les tiges des plantes adultes, nous réservant pour un travail ultérieur l'étude des autres plantes qui présentent des formations subérophellodermiques, des condi

tions physiques de leur développement, ainsi que du mécanisme de leurs fonctions.

Nous ne croyons pas devoir faire précéder ce travail d'un historique de tous les travaux publiés au sujet du liège et des formations subérophellodermiques. Mais dans l'exposé que nous ferons à chaque famille de l'état actuel de nos connaissances, nous rapporterons d'abord à chaque auteur ce qui lui est dû et nous y ajouterons les résultats de nos recherches.

PREMIÈRE PARTIE

PÉRIDERME DE LA TIGE

DICOTYLÉDONES

ORDRE I

APÉTALES SUPÉROVARIÉES

Urticacées. — Dans toutes les Urticacées étudiées jusqu'à ce jour par M. Sanio (1) ou M. Moeller (2), l'origine du périderme est sous-épidermique : *Ulmus effusa*, *U. suberosa*, *U. campestris*, *U. fulva; Celtis occidentalis*, *C. orientalis*, *C. Tournefortii; Morus alba*, *M. nigra; Maclura aurantiaca* (parfois dans la troisième assise de l'écorce), *Ficus Carica*, *Ficus heterophylla; Broussonnetia papyrifera*, *Artocarpus ntegrifolia*, *Cecropia peltata*, *Pouzolzia rhexioides*, *Bœhmeria polystachya*, auxquelles j'ajoute l'*Antiaris toxicaria* et le *Bœhmeria utilis*.

Destruction de l'écorce. — On voit très nettement, dans

(1) Sanio, *Vergleich. Untersuch. über den Bau und die Entwickelung des Korkes* (*Jahrb. f. wiss. Botanik*, II, 1860).

(2) Moeller, *Anatomie der Baumrinden*, Berlin, 1882.

l'*Antiaris toxicaria*, la zone moyenne de l'écorce en voie de destruction pendant le développement du cylindre central. Le périderme enferme la tige dans un anneau dépourvu d'accroissement tangentiel, le cylindre central s'accroît sans que le diamètre extérieur de la tige se modifie. L'écorce, située entre un périderme dépourvu d'accroissement tangentiel et un cylindre central dont le diamètre s'accroît, disparaît peu à peu sans subir de compression. Un aplatissement se manifesterait sur toutes les cellules à la fois; tandis que certaines cellules formant la zone moyenne perdent peu à peu leur turgescence, sont dissoutes et disparaissent, servant à la nutrition des tissus qui s'accroissent. Peu à peu, la destruction s'étend à toutes les cellules de l'écorce, tandis que le phelloderme se développe, destiné à jouer comme elle le rôle d'un tissu de réserve.

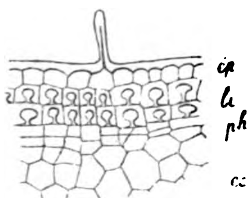


Fig. 1.

Fig. 1. *Antiaris toxicaria*. — *ép.*, épiderme pourvu d'une épaisse cuticule; *li.*, liège dont les cellules fortement épaissies ont une cavité très réduite; *ph.*, phelloderme ; *éc.*, écorce.

Dans l'*Antiaris toxicaria* (fig. 1), l'épiderme a une cuticule peu résistante, gélifiée; aussi les cellules du liège qui se forment au-dessous ont-elles leurs parois externes et latérales épaissies très fortement; ces cellules à parois épaisses sont par le fait même peu nombreuses, tandis que le phelloderme (chose rare) a autant d'assises que le liège.

Platanées. — Le *Platanus occidentalis* a été étudié par M. Sanio, le *P. orientalis* par M. Moeller; dans ces deux plantes, le périderme est sous-épidermique.

Salicinées. — Dans toutes les espèces du genre *Salix*, d'après M. Sanio, le périderme est épidermique, tandis que dans le *Populus* il est sous-épidermique; cette différence est intéressante en ce qu'elle permet de différencier ces deux plantes, quand on ne possède qu'un morceau de jeune tige de l'une d'elles.

Le *Salix caprœa* se prête très bien à l'étude de l'influence de la lumière sur le développement du liège. Non seulement le périderme y est plus précoce du côté de la lumière que du côté de l'ombre, mais encore il est plus abondant à la fin de la première année (fig. 2), et cette différence est sensible encore pendant l'année suivante (fig. 3). Il ne se développe pas de phelloderme. Il se forme quatre ou cinq cloisons centripètes du côté éclairé, tandis qu'il ne s'en forme que deux de l'autre. La dernière formée s'épaissit beaucoup, comme la cuticule, et l'année suivante la cellule génératrice prend une nouvelle série de cloisons centripètes plus abondantes à la lumière qu'à l'ombre (fig. 3). Enfin les cellules du liège du côté éclairé sont plus allongées dans le sens radial que du côté de l'ombre.

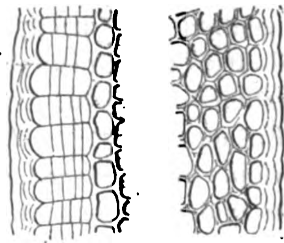


FIG. 2.

Fig. 2. *Salix caprœa*. — A gauche : développement du périderme dans l'épiderme de la tige du côté éclairé. A droite : absence de périderme. Ce dessin représente deux portions diamétralement opposées de la même coupe.

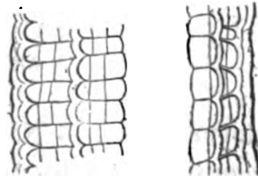


FIG. 3.

Fig. 3. *Salix caprœa*. — État du périderme à la fin de la seconde année. Le liège plus développé à la lumière qu'à l'ombre. Même remarque que pour la figure précédente.

PROTÉACÉES. — « Le périderme se forme de bonne heure (*Hakea*) ou dans la deuxième période de la végétation (*Banksia*, *Leucadendron*), immédiatement sous l'épiderme, et est formé de grandes cellules de liège un peu dissociées à parois minces ou quelque peu épaissies » (Moeller, p. 119). Ses observations ont porté sur les *Leucospermum conocarpum*, *Leucadendron argenteum*, *Hakea elliptica*, *Banksia procera*, *B. integrifolia*. M. Sanio avait déjà étudié l'*Hakea florida*. Nous avons étudié en outre le *Banksia verticillata* et le *Grevillea robusta* : dans

toutes ces plantes le périderme est sous-épidermique.

Banksia integrifolia.—L'épiderme et l'écorce s'accroissent tangentiellement pendant le développement du cylindre central. Dans un rameau âgé d'un an, on n'observe aucune destruction de l'écorce.

ÉLÉAGNÉES. — Les *Elæagnus* diffèrent des *Hippophae* par l'origine du périderme, qui est épidermique chez les premiers, sous-épidermique chez les autres. Il se forme une demi-douzaine de cloisons centripètes pour trois ou quatre centrifuges. Les cellules du phelloderme s'arrondissent ensuite et se confondent avec celles de l'écorce. Notre observation diffère de celle de M. Moeller, qui s'exprime au sujet des *Elæagnus* en ces termes : « Il se forme au-dessous de l'épiderme environ quatre rangées de cellules de liège à large cavité et à parois minces. »

THYMÉLÉACÉES. — Dans le *Daphne Mezereum*, le *D. Cneorum* et le *Pimelea elegans*, d'après M. Moeller, le périderme est sous-épidermique.

ORDRE II

APÉTALES INFÉROVARIÉES

CUPULIFÈRES. — Nous nous bornons à rappeler que dans le *Fagus sylvatica*, les *Quercus pedunculata*, *Q. rubra*, *Q. lusitanica*, *Q. Tozza*, *Q. Suber*, les *Corylus Colurna*, *C. Avellana*, les *Castanea vesca*, *C. vulgaris*, l'*Ostrya virginica*, le *Carpinus Betulus*, les *Betula alba*, *B. carpinifolia*, les *Alnus glutinosa*, *A. incana*, le périderme est sous-épidermique, et qu'on ne connaît pas dans cette famille de premier périderme situé ailleurs que sous l'épiderme.

JUGLANDÉES. — Il en est de même pour le *Juglans regia*, le *J. alba*, le *Carya amara*, d'après MM. Sanio et Moeller.

ARISTOLOCHIACÉES. — Les *Aristolochia Clematitis*, *A. Sipho*, *A. tomentosa*, ont le périderme sous-épidermique. Les cellules du liège assez régulièrement cubiques à parois minces subérifiées alternent avec les cellules épidermiques; le phelloderme

prend un développement égal à celui du liège; ses cellules ne diffèrent de celles de l'écorce que par la régularité de leur disposition. L'*Asarum europæum* manque de périderme, les cellules extérieures de l'écorce se subérifient et se détachent, sans qu'il y ait de tissu secondaire qui vienne protéger ou remplacer les éléments qui disparaissent.

BÉGONIACÉES. — Le *Begonia nitida* et le *B. undulata* ont le périderme sous-épidermique.

En résumé, dans toutes les Apétales étudiées, sauf dans le genre *Salix*, le périderme est sous-épidermique.

ORDRE III

DIALYPÉTALES SUPÉROVARIÉES

RENONCULACÉES. — D'après M. Morot, dans les diverses Clématites, l'assise génératrice du périderme est sous-jacente aux fibres péricycliques (1). Dans le *Thalictrum lucidum*, d'après mes observations, le périderme se forme entre l'endoderme et la couche scléreuse du péricycle. L'écorce continue à croître pendant le développement du périderme, en se cloisonnant çà et là dans des directions variées.

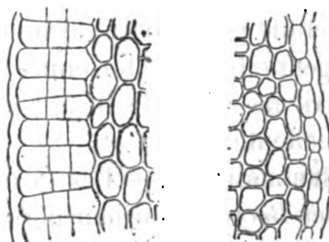


FIG. 4 et 5.

Fig. 4 et 5. *Drimys glauca*. — Formation épidermique du périderme du côté éclairé du rameau.

MAGNOLIACÉES. — Un cas de périderme épidermique nous est offert par le *Drimys glauca* (fig. 4 et 5) : le liège est plus précoce et plus abondant du côté de la lumière que du côté de l'ombre. L'écorce du *Drimys*, persistant encore longtemps après l'apparition du liège et présentant des cloisons radiales dans ses cellules

(1) Morot, *Recherches sur le péricycle* (*Ann. des sc. nat.*, 6e série, XX, p. 270, 1884).

allongées tangentiellement, accompagne le cylindre central dans son développement; le phelloderme est peu développé et tardif.

Dans le *Magnolia conspicua*, le périderme est sous-épidermique.

Dans le *Kadsura japonica*, il se forme du périderme dans les deuxième et troisième assises corticales.

MONIMIACÉES. — M. Sanio cite le *Calycanthus floridus* comme ayant son périderme sous-épidermique; j'ai observé cette plante, ainsi que le *Chimonanthus grandiflorus*. Sous un épiderme à cellules très petites et très brunes, les cellules de la première assise de l'écorce s'allongent radialement et prennent des cloisons centripètes de liège.

L'écorce emprisonnée sous le liège est détruite pendant le développement du cylindre central; la destruction commence dans la zone moyenne au voisinage de l'endoderme.

Dans le *Peumus Boldus*, c'est au-dessous de la zone collenchymateuse qui double l'épiderme que se forme le périderme. Sa première assise externe est formée de grosses cellules, mais la cellule génératrice, avant de prendre une deuxième cloison tangentielle, s'est cloisonnée radialement, de telle sorte que la deuxième assise de liège a deux fois plus de cellules que la précédente.

BERBÉRIDÉES. — Les *Podophyllum* s'écartent des *Mahonia* et des *Berberis* par leur périderme sous-épidermique. On sait en effet, par les recherches de M. Morot (1), que le phellogène de ces dernières, qui pour M. Moeller est une rangée profonde des cellules de l'écorce sous les fibres corticales, appartient réellement au péricycle.

LAURINÉES. — « Le périderme des Laurinées, dans tous les cas observés, se forme après l'écoulement de plusieurs années et prend son origine dans l'épiderme lui-même » (Moeller, p. 103) (*Cinnamomum*, *Laurus*, *Agathophyllum aromaticum*). On s'explique facilement que le périderme de ces plantes soit

(1) Morot, *loc. cit.*, p. 271.

tardif, quand on observe l'épaisseur de leur cuticule, qui est égale ou supérieure à la dimension radiale de la cavité cellulaire. La lumière, qui développe le liège du côté éclairé, agit de même sur la cuticule de la tige, qui est plus forte à la face supérieure qu'à la face inférieure; M. Dufour (1) a observé le même phénomène pour les feuilles : la subérine qui s'est développée à la lumière, au lieu de se répartir en lames minces dans des parois tangentielles de cellules de liège, sert à épaissir la membrane externe de l'épiderme; le bénéfice est le même pour la plante. Dans le *Cinnamomum Kiamis*, dans le *Laurus indica*, l'écorce et l'épiderme s'accroissent tangentiellement en même temps que le cylindre central, la tige augmente de diamètre tandis que l'épaisseur de l'écorce reste constante.

TILIACÉES. — Dans le *Tilia*, d'après M. Sanio, et dans toutes les autres sous-tribus des Tiliacées, d'après M. Dumont (2), le périderme est sous-épidermique.

MALVACÉES. — D'après M. Dumont, dans le *Sida pulchella*, l'*Urena*, le *Malvaviscus* et l'*Hibiscus*, le périderme est épidermique.

Dans les autres Malvacées, il est sous-épidermique.

BOMBACÉES. — Les Bombacées ont de même, d'après M. Dumont, le liège sous-épidermique.

STERCULIACÉES. — M. Dumont a observé également un périderme sous-épidermique dans les Sterculiacées, même dans le genre *Sterculia*. M. Moeller cite le *Sterculia inops* comme ayant un périderme sous-épidermique.

J'ai vérifié dans une dizaine de Sterculiacées l'origine sous-épidermique du périderme, mais nulle part dans ces plantes je n'ai pu observer de poches lysigènes (3).

Destruction de l'écorce. — Entre le périderme, qui est superficiel, et le cylindre central, l'écorce se détruit peu à peu, sou-

(1) Dufour, *Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles* (*Ann. des sc. nat.*, 7e série, V, 1887).

(2) A. Dumont, *Recherches sur l'anatomie comparée des Malvacées, Bombacées, Tiliacées, Sterculiacées* (*Ann. des sciences nat.*, 7e série, VI, 1887).

(3) Je ne crois pas devoir développer ici ce point de désaccord entre M. Dumont et moi.

vent même la destruction commence avant l'apparition du périderme. C'est une assise assez voisine de l'endoderme qui perd la première sa turgescence et s'aplatit, de telle sorte que pendant un temps le cylindre central grandit sans que le dia, mètre extérieur de la tige subisse de variation. Nous avons pu observer ce phénomène sur le *Sarcopetalum solanaceum*, le *Theobroma Cacao*, le *Cola cordifolia*, le *Buttneria herbacea*- avant l'apparition du périderme. Ces tiges sont protégées par des poils très nombreux qui retardent l'apparition du liège.

TERNSTRŒMIACÉES. — Trois cas sont à considérer : 1° Périderme épidermique; 2° périderme sous-épidermique ; 3° périderme péricyclique.

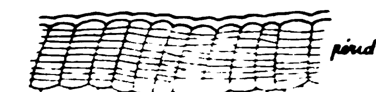


FIG. 6.

Fig. 6. *Stachyurus præcox*. — Formation épidermique du périderme.

1° *Périderme épidermique*. — Le *Stachyurus præcox* (fig. 6) a un périderme épidermique formé de sept ou huit assises de liège tabulaire pour deux de phelloderme; il diffère à ce titre de toutes les autres Ternstrœmiaciées que j'ai étudiées, *Actinidia*, *Bonnetia*, *Ruyschia* (fig. 7), *Visnea*, *Camellia*, *Thea* et *Laplacea*. Il diffère notamment de l'*Actinidia* que MM. Bentham et Hooker classent dans la même tribu. L'écorce et le liège s'accroissent tangentiellement et accompagnent le cylindre central dans son développement. Dans une tige d'un an, la cuticule ne présente aucun point de rupture, l'écorce aucune zone en voie de destruction.

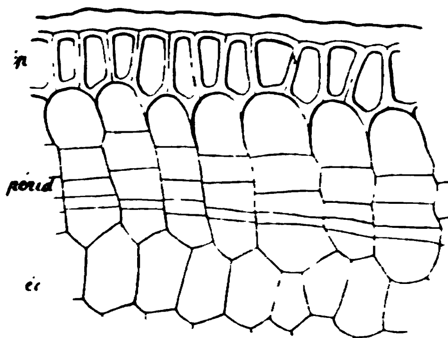


FIG. 7.

Fig. 7. *Ruyschia Souroubea*. — Formation sous-épidermique du périderme : *ép.*, épiderme à cuticule épaisse et à parois lignifiées; *périd.*, périderme; *éc.*, écorce.

2° *Périderme sous-épidermique.* — L'écorce de la tige du *Ruyschia Souroubea*, avec ses lacunes aérifères et ses poils internes si bizarres (1), s'accroît en même temps que le cylindre central, tandis que sous l'épiderme se développe un périderme où le liège et le phelloderme ont tous deux la même étendue (fig. 7); l'écorce s'accroît de même dans les *Actinidia Kolomikta*, *Bonnetia anceps*, *Visnea Mocanera*.

3° *Périderme péricyclique.* — Deux plantes de cette famille, le *Thea* (fig. 8) et le *Camellia*, présentent un périderme épaissi au-dessous des fibres, d'après M. Vesque (2). Il s'agit ici des fibres péricycliques et non des fibres scléreuses, parfois très ramifiées (*Ruyschia*), que l'on rencontre souvent dans l'écorce des Ternstrœmiacées; il en est de même dans le *Laplacea*. L'écorce de ces plantes se comporte tout autrement que celle des précédentes, elle se flétrit et s'aplatit en servant à la nourriture des tissus qui s'accroissent au-dessous d'elle; tandis que le périderme qui se développe pousse devant lui les fibres péricycliques à travers l'écorce jusqu'à rencontrer la cuticule.

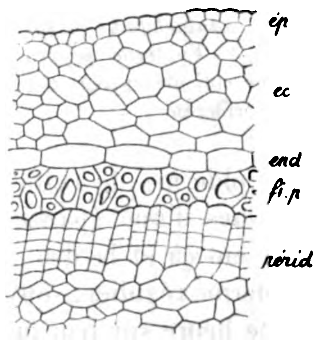


FIG. 8.

Fig. 8. *Thea viridis.* — Formation du périderme sous les fibres péricycliques : *ép.*, épiderme; *éc.*, écorce; *end.*, endoderme; *fib. péric.*, fibres péricycliques; *périd.*, périderme.

CLUSIACÉES. — Il y a deux cas à distinguer : 1° périderme épidermique; 2° périderme cortical.

1° *Périderme épidermique.* — *Havetiopsis hippocrateoides*, *Platonia insignis*, *Calophyllum* (sp.).

Toutes ces plantes ont une cuticule extrêmement épaisse, qui protège assez la plante pour retarder beaucoup l'appa-

(1) Je ne les signale que pour prendre date, me proposant d'en faire l'objet d'une note spéciale.

(2) Vesque, *Mémoire sur l'anatomie comparée de l'écorce* (*Ann. des sc. nat.*, 6e série, II, 1875).

rition du périderme. Dans le *Xanthochymus pictorius* (fig. 9), où la cuticule atteint une épaisseur double ou triple de la cavité cellulaire, je n'ai pu observer de périderme ; la subérification, au lieu de porter sur des cloisons successives, a porté sur une même membrane considérablement épaissie.

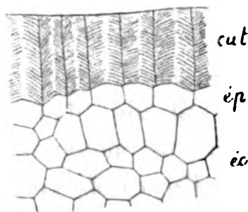


FIG. 9.

Fig. 9. *Xantochymus pictorius.* — Épiderme pourvu d'une cuticule épaisse, pas de périderme.

2° *Périderme cortical.* — Le périderme de certaines d'entre elles présente des particularités remarquables, surtout celui de l'*Haploclathra paniculata* (fig. 10).

L'épiderme de cette plante est formé de petites cellules pourvues d'une épaisse cuticule. Les cellules sous-jacentes prennent çà et là des cloisons tangentielles sans fournir un périderme régulier; souvent même elles sont lignifiées de très bonne heure sur leur face interne et ne prennent aucun cloisonnement; il en est de même pour la seconde et la troisième assise de l'écorce; mais la quatrième assise de l'écorce allonge fortement ses cellules dans le sens du rayon de la tige et se cloisonne. On voit alors trois cloisons centripètes qui ont isolé trois cellules de liège et cinq cloisons centrifuges qui ont fourni cinq cellules de phelloderme beaucoup plus allongées que les cellules du liège. Un périderme tertiaire prend alors naissance aux dépens de l'assise interne du phelloderme, la première formée. Cette cellule s'accroît encore radialement et prend une demi-douzaine de cloisons centrifuges pour une centripète. Il y a là un périderme tertiaire, dont la cellule externe est fortement épaissie et subérifiée sur les faces latérales et externes, tandis que les autres cellules sont épaissies en U et constituent un phelloderme fortement lignifié. Viennent ensuite les cellules du parenchyme cortical, puis les canaux sécréteurs, d'autres cellules corticales et l'endoderme recouvrant un péricycle scléreux.

Malgré l'épaisseur considérable de la cuticule, le liège

sous-épidermique est précoce et abondant dans le *Caraipa tereticaulis* (fig. 11); plusieurs assises de liège durcissent fortement au milieu du liège mou. Le phelloderme ne possède qu'une ou deux assises, mais il est fortement épaissi en U et lignifié comme beaucoup de cellules corticales.

Mêmes phénomènes dans le *Marila racemosa*.

Les *Tovomita Guyanensis*, *Pilosperma caudatum*, *Œdematopus octandrus*, *Quiina tinifolia* ont un petit nombre d'assises de liège; mais l'une d'elles, généralement la seconde, a sa cloison tangentielle (fig. 12) si fortement épaissie qu'elle supplée à un nombre considérable d'assises subéreuses. Dans le *Tovomita guyanensis*, l'épiderme est lignifié; dans le *Pilosperma caudatum*, il est gélifié et exfolié : toutes ces plantes ont le phelloderme lignifié.

Dans le *Mesua pedunculata* (fig. 13), on observe un périderme assez abondant avec liège normalement subérifié et quelques rares cellules de phelloderme lignifié.

Dans le *Kielmeyera tomen-*

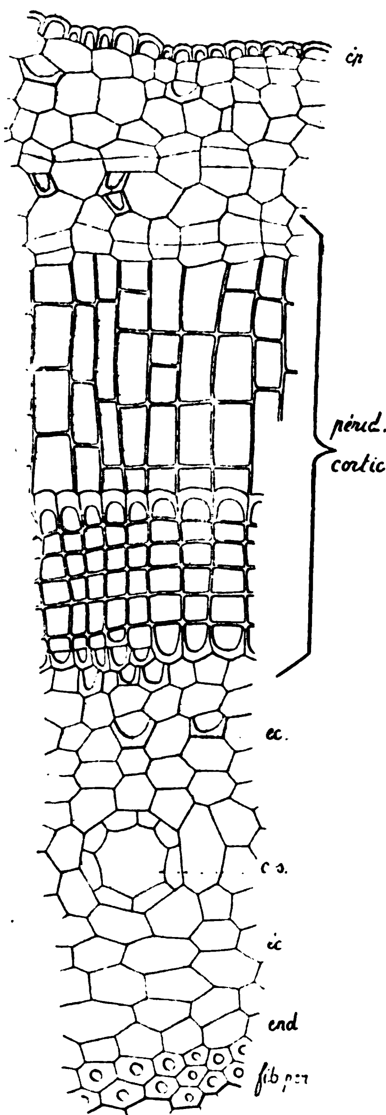


FIG. 10.

Fig. 10. *Haploclathra paniculata.* — On voit sous l'épiderme (*ép.*) les première, seconde et troisième assises de l'écorce présenter des cloisonne-

ments tangentiels. Çà et là quelques cellules dont la paroi externe est en cellulose, tandis que les autres présentent un épaississement lignifié en U. Puis viennent deux ou trois assises de liège centripète; puis un phelloderme cellulosique dont les cellules molles allongées radialement se séparent les unes des autres sans s'arrondir en restant unies par leurs parois tangentielles. La première assise de ce phelloderme a pris ultérieurement cinq cloisons centrifuges pour former un périderme tertiaire dont les cinq assises phellodermiques se lignifient, tandis que son assise externe est fortement épaissie et subérifiée à la façon d'un épiderme. Plus bas, l'écorce avec un canal sécréteur et des cellules épaissies en U, enfin l'endoderme et les fibres péricycliques.

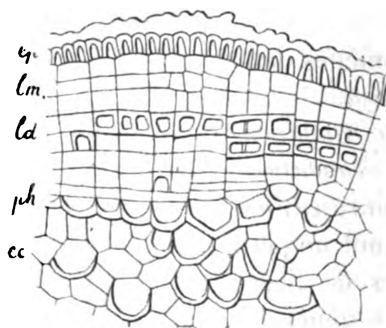


Fig. 11.

Fig. 11. *Caraipa tereticaulis.* — *ép.*, épiderme pourvu d'une cuticule irrégulièrement épaissie; *lm.*, liège mou; *ld.*, liège dur lignifié; *ph.*, phelloderme épaissi en U; *éc.*, écorce avec un canal sécréteur.

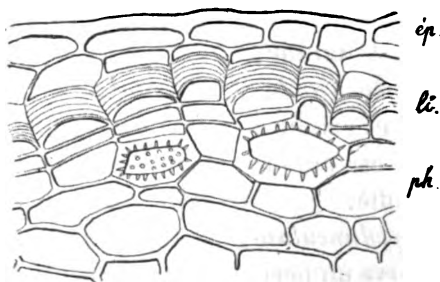


Fig. 12.

Fig. 12. *Tovomita guyanensis.* — *ép.*, épiderme pourvu d'une cuticule lignifiée; les membranes autres que la membrane externe sont en cellulose pure; *li.*, liège : la deuxième assise de liège a une membrane externe extrêmement épaisse; *ph.*, phelloderme.

tosa, au contraire, le périderme comprend un grand nombre d'assises de liège mou, sans aucune subérification et sans lignification dans le phelloderme réduit à une seule assise.

Le *Mahurea palustris*, plante aquatique, manque naturellement de périderme; je ne l'ai du moins pas observé dans des tiges adultes.

Pendant le développement en diamètre du cylindre central, l'écorce subit un accroissement tangentiel et ses cellules prennent des cloisons radiales et s'allongent perpendiculairement au rayon; mais, lorsque le liège a acquis un certain développement et qu'il possède une douzaine d'assises, l'épiderme et les premières assises formées sont mortes et ne sont plus susceptibles de s'accroître et de se cloisonner; il se fait alors dans le liège et l'épiderme une fente longitudinale, au-dessous de la fente, l'assise génératrice s'accroît plus qu'ailleurs et a un cloisonnement centripète plus rapide, de telle sorte que les deux lèvres de la fente s'écartent l'une de l'autre pendant qu'une bosse se forme au-dessous d'elle.

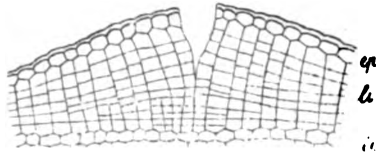


FIG. 13.

Fig. 13. *Mesua pedunculata*. — Développement rapide du liège en un point où l'épiderme (*ép.*) et le liège ancien sont fendus.

On peut observer ce phénomène dans le *Mesua pedunculata* (fig. 13) le *Quiina tinifolia*, etc.

DILLÉNIACÉES. — Deux cas sont à considérer : 1° périderme sous-épidermique; 2° périderme péricyclique.

1° *Périderme sous-épidermique*. — Dans le *Dillenia speciosa*, l'assise sous-épidermique prend quelques cloisons tangentielles et ne se subérifie pas; l'assise sous-jacente se cloisonne davantage et fournit le vrai périderme avec trois assises de liège et deux de phelloderme. La subérification s'étend à toutes les assises du périderme, y compris le phelloderme, puis une assise plus profonde de l'écorce se cloisonne à son tour.

2° *Périderme péricyclique.* — Dans l'*Hibbertia volubilis*, le périderme se forme sous les fibres à larges parois du péricycle en dehors des tubes criblés. Les assises de liège sont alternativement allongées ou plates, les premières molles, les secondes plus dures.

OCHNACÉES. — Périderme épidermique.

Dans l'*Ochna atropurpureum*, le périderme est épidermique, il ne possède que du liège sans phelloderme. Les assises externes, mortes de bonne heure, se fendent parallèlement à l'axe de la tige, sous la poussée des assises internes qui s'accroissent longitudinalement comme l'écorce, en même temps que le diamètre du cylindre central augmente.

DIPTÉROCARPÉES. — Trois cas sont à considérer : 1° périderme épidermique ; 2° périderme sous-épidermique ; 3° périderme péricyclique.

1° *Périderme épidermique.* — Le *Dryobalanops Camphora* a un périderme épidermique très développé sous une cuticule épaisse, il en est de même du *Dipterocarpus nobilis*.

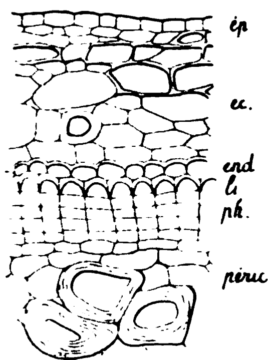


FIG. 14.

Fig. 14. *Ancistrocladus stelligerus.* — *ép.*, épiderme; *ec.*, écorce; *end.*, endoderme; *li.*, liège, une seule assise à membrane externe épaisse; *ph.*, phelloderme; *péric.*, péricycle.

Dans le *Dryobalanops Camphora*, l'écorce ayant un accroissement tangentiel, le liège ancien se fend longitudinalement suivant des lignes de moindre résistance.

2° *Périderme sous-épidermique.* — Ce fait se présente dans le *Lophira alata* avec accroissement de l'écorce. La différence d'origine du périderme s'ajoute donc aux autres caractères connus pour séparer ce genre des Diptérocarpées.

3° *Périderme péricyclique.* — Dans l'*Ancistrocladus*, la formation du périderme est péricyclique. Considérons, par exemple, l'*Ancistrocladus stelligerus* (fig. 14), l'écorce possède une dizaine

d'assises entre l'épiderme mince et l'endoderme légèrement épaissi vers l'extérieur; le péricycle montre çà et là des cellules scléreuses fortement épaissies, tandis que son assise la plus voisine de l'endoderme devient génératrice de périderme. Le cloisonnement centrifuge est plus rapide que le cloisonnement centripète et l'on peut compter quatre ou cinq assises de phelloderme alors qu'il n'y en a qu'une ou deux de liège. M. Van Tieghem (1), trompé par des formations locales de liège de cicatrisation, s'exprime en d'autres termes au sujet du périderme des *Ancistrocladus*, qu'il considère comme cortical; ce périderme nous semble, au contraire, comparable à celui de plusieurs Hypéricacées (*Hypericum*, *Ascyrum*, *Eliœa*) (voy. p. 345). Toutefois les conclusions de M. Van Tieghem ne me paraissent aucunement ébranlées par ce fait; au contraire, la séparation entre l'*Ancistrocladus* et les autres Diptérocarpées n'en est que plus tranchée.

Euphorbiacées. — Le périderme y est sous-épidermique. M. Moeller l'a observé précoce dans l'*Hura crepitans* et l'*H. brasiliensis*, le *Jatropha Curcas*, plus tardif dans le *Manihot carthagenensis*, très tardif dans le *Buxus*, où il n'apparaît qu'après plusieurs années sous un épiderme pourvu d'une cuticule très épaisse.

Il en est de même dans l'*Acalypha alopecuroides* et le *Phyllanthus nivosus*.

Bixacées. — Périderme sous-épidermique : le *Cinnamodendron* et le *Canella* sont remarquables par leur phelloderme fortement épaissi sur la face interne des cellules (Moeller). Il en est de même dans le *Kiggelaria africana*, où le liège est précoce et abondant et où le phelloderme a deux ou trois assises, de même dans l'*Azara Gillesii*, où les cellules du liège sont longues.

Hypéricacées. — « Dans les Hypéricacées, dit M. Vesque (2),

(1) Van Tieghem, *Recherches sur les canaux sécréteurs des plantes* (*Ann. des sc. nat.*, 7e série, I, 1885).

(2) J. Vesque, *Mémoire sur l'anatomie de l'écorce* (*Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, 6e série, t. II, 1875).

il y a une différence assez significative entre les *Hypericum*, avec leur périderme au-dessous de l'épiderme, et l'*Ancistrolobus pulchellus*, qui possède, au-dessous des fibres libériennes primaires, un périderme à cloisons internes épaissies, comme dans les Ternstrœmiacées, etc. »

Je dois dire que je n'ai trouvé aucune différence entre l'origine du périderme chez les *Hypericum* et les *Ancistrolobus*. Est-ce que l'exfoliation précoce de l'écorce du Millepertuis, jusqu'à l'endoderme exclusivement, a induit M. Vesque en erreur au point de lui faire prendre l'endoderme pour un épiderme? Je ne sais; toujours est-il que M. Morot (1) s'exprime, au sujet du périderme des *Hypericum*, dans les termes suivants, qui sont fort justes : « Chez les *Hypericum*, où le péricycle comprend plusieurs assises de parenchyme, le liège se forme dans l'assise sous-endodermique restée incolore, tandis que les autres se chargeaient de chlorophylle. » Au sujet des autres Hypéricacées, nous ne pouvons que citer M. Van Tieghem :

« Le péricycle (des Hypéricacées) est quelquefois tout entier parenchymateux, comme dans les Millepertuis, il donne alors le liège par son assise externe (*Tridesmis*, *Ascyrum*) ; mais, le plus souvent, la plante devenant ligneuse, le péricycle se sclérifie dans sa zone externe, à partir de l'endoderme, et constitue un anneau fibreux presque continu, en dedans duquel subsistent un ou deux rangs de cellules pourvues de chlorophylle. C'est dans cette zone interne du péricycle que le liège prend naissance, en exfoliant non seulement l'écorce, mais encore l'anneau fibreux (*Ancistrolobus*, *Cratoxylon*, *Eliœa*, *Haronga*, *Psorospermum*, *Endodesmia*). »

On peut donc dire d'une manière générale que, dans les neuf genres d'Hypéricacées vraies appartenant aux deux tribus des Hypéricées et des Vismiées, le périderme est péricyclique.

Or on joint parfois à ces deux tribus une troisième tribu

(1) L. Morot, *Recherches sur le péricycle* (*Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, 6e série, t. XX, 1884).

formée par le seul genre *Frankenia*, dont MM. Bentham et Hooker font une famille à part. Les *Frankenia* diffèrent des Hypéricacées vraies, notamment par les deux verticilles alternes d'étamines, toutes simples et fertiles, et leurs graines munies d'un albumen amylacé. Ils en diffèrent encore par l'origine de leur périderme, qui n'est pas péricyclique, mais bien sous-épidermique, et par l'absence de canaux sécréteurs. La morphologie interne se trouvant ici d'accord avec la morphologie externe, nous sommes portés à écarter les Frankéniées des Hypéricacées, et à ne pas rompre l'homogénéité de cette famille en y conservant un genre qui en diffère par trois caractères importants.

L'étude du développement du liège des Hypéricacées est intéressante à un autre titre : en vérifiant sur l'*Hypericum calycinum* les observations de M. Van Tieghem et de M. Morot, j'ai observé, dans le liège de cette plante, la formation d'une assise plissée au milieu du liège mou, phénomène observé jadis par M. Sanio (1) sur un *Melaleuca*, et qui est fréquent chez les Rosacées, les Œnothérées et les Myrtacées. Le liège des tiges souterraines de l'*Hypericum* a beaucoup de ressemblance avec celui des tiges souterraines des Œnothérées : sous un endoderme pourvu de plissements, à cellules plus grandes que celles du péricycle, le périderme se forme par quatre ou cinq cloisons centripètes, détachant trois ou quatre assises de liège mou, dont les éléments se dissocient et se séparent les uns des autres avec méats quadrangulaires, plus une quatrième ou cinquième assise de liège qui ne dissocie pas ses cellules ; bien au contraire, on voit apparaître sur les membranes radiales un plissement lignifié qui se colore fortement par le vert d'iode, tandis que toutes les autres membranes du liège se colorent en rose par le carmin boraté. L'écorce n'est encore attaquée ni exfoliée en aucun point, que le périderme a déjà une demi-douzaine d'assises de cellules.

Dans le *Cratoxylon coccineum*, le périderme possède des

(1) Sanio, *loc. cit.*

assises plissées et des assises de liège dur avec épaississement des cellules en forme d'U, l'ouverture dirigée vers l'intérieur. Cette forme d'épaississement, comme on sait, se rencontre aussi souvent dans des cellules d'endoderme.

Dans l'*Eliæa articulata*, le liège est formé d'une alternance régulière d'assises subéreuses non épaissies et d'assises épaissies en U et lignifiées; ces dernières, avant de s'épaissir, présentent, sur leurs faces radiales, des plissements échelonnés. Les mêmes épaississements en U se retrouvent dans le *Tridesmis Billardieri*. L'alternance d'assises plissées et d'assises de liège mou non subérifié est très nette dans l'*Ascyrum Crux-Andreæ*. Le phénomène est le même dans le *Vismia cayennensis* que dans l'*Eliæa articulata*, avec cette différence que les assises du liège dur s'épaississent sur toute leur périphérie.

Ces exemples sont assez variés pour que nous puissions penser que le phénomène est général chez les Hypéricacées.

Quant au *Frankenia lævis*, avec son périderme sous-épidermique, il n'offre rien d'analogue.

TAMARISCINÉES. — Dans le *Tamarixgallica*, d'après M. Moeller, le périderme est sous-épidermique.

CAPPARIDÉES. — D'après M. Moeller, chez le *Capparis frondosa*, « la sclérose de l'écorce primaire est déjà fort avancée quand on arrive à la formation du périderme. L'épiderme cuticularisé, assez résistant, n'en est pas le méristème initial, mais c'est par endroits l'assise de cellules qui lui est immédiatement sous-jacente, plus fréquemment une assise plus profonde de l'écorce, même celle qui est à l'intérieur de l'anneau de sclérenchyme externe. Le périderme n'apparaît pas simultanément tout autour du rameau, et à peine s'est-il formé, qu'une seconde couche de liège se forme juste à l'extérieur de la zone des faisceaux primaires et exfolie la majeure partie de l'écorce primaire dès la seconde année. »

LINACÉES. — D'après M. Moeller, dans l'*Erythroxylon Coca*, le périderme est sous-épidermique, analogue à celui des Malpighiacées.

CRASSULACÉES. — Les *Cotyledon orbicularis*, *Rochea cocci-*

nea, *Sedum oxypetalum* ont le périderme épidermique. Les *Tillœa* et *Bulliardia*, qui sont annuels, n'ont pas de périderme. Les *Sempervivum* et les *Crassula* ont le périderme situé sous l'épiderme. La formation du périderme est absolument masquée par le liège de cicatrisation de la chute des feuilles dans les tiges à entre-nœuds courts; elle ne présente aucune particularité intéressante.

Caryophyllées. — Dans la plupart des Caryophyllées, le périderme se forme normalement sous le péricycle scléreux, dans les *Dianthus*, *Silene*, *Lychnis*, *Saponaria*, *Cerastium*, *Sagina*, *Stellaria*, *Honckneya*.

Toutefois, les *Spergularia* forment leur périderme dans l'assise externe de l'écorce (1).

Zygophyllées. — « Dans les entre-nœuds les plus âgés d'une tige d'un an de *Guaiacum*, l'épiderme joue le rôle de phellogène et forme quelques assises de cellules à parois minces, dont les plus externes se sclérifient bientôt » (Moeller, p. 332). Le liège observé par M. Moeller, liège tardif dans une plante à cuticule très épaisse, est remplacé parfois par un liège sous-épidermique, comme dans le *Guaiacum officinale* que j'ai observé; le liège est également sous-épidermique dans le *Porlieria hygrometrica;* mais il acquiert, dans cette dernière plante, une épaisseur considérable et lignifie ses parois dans une demi-douzaine d'assises, ce qui compense la faible épaisseur de la cuticule.

Rutacées. — Les Rutacées ont généralement une cuticule épaisse qui retarde l'apparition du liège : dans le *Citrus,* par exemple, le périderme n'apparaît qu'après plusieurs années et se forme sous l'épiderme, de même dans les *Trichilia*, les *Guarea*, *Carapa*, *Cedrela;* il en est de même encore dans l'*Amyris balsamifera*, le *Toddalia aculeata*, le *Ptelea trifoliata*, le *Zanthoxylum fraxineum*, d'après M. Moeller.

(1) J. Costantin, *Étude comparée des tiges aériennes et des tiges souterraines de Dicotylédones* (*Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, 6e série, t. XV, 1883). — P. Vuillemin, *Sur le péricycle des Caryophyllées* (*Bullet. de la Soc. de bot. de France*, t. XXXII, 1885, p. 275).

Chez le *Pilocarpus pinnatifolius* et l'*Eriostemon cuspidatum*, le périderme est épidermique.

La destruction de l'écorce, dans le *Citrus Aurantium*, précède la formation du périderme et débute dans une assise moyenne, dont les cellules sont peu à peu aplaties, puis complètement résorbées, la zone externe de l'écorce est parfaitement vivante; c'est d'ailleurs sous l'épiderme que le périderme se formera ultérieurement.

SIMARUBACÉES. — Dans les Simarubacées étudiées jusqu'à ce jour, notamment par M. Moeller (*Simaruba*, *Ailantus*), le périderme est sous-épidermique, il en est de même dans le *Brucea ferruginea*.

ANACARDIACÉES. — La formation du périderme n'a été observée que dans quelques espèces du genre *Rhus*, elle est sous-épidermique (Moeller). Il en est de même, d'après mes observations, dans le genre *Tapiria* (sp.?), et dans le *Pistacia Terebinthus*, où les cellules du liège ont un grand développement radial.

SAPINDACÉES. — L'*Acer Negundo* diffère des autres *Acer* (*Acer campestre*, *platanoides*, *pseudo-platanus*) en ce que son périderme tardif a son origine non dans l'assise externe de l'écorce, mais plus profondément (Moeller); à ce titre seul, l'*Acer Negundo* mérite de former un genre à part.

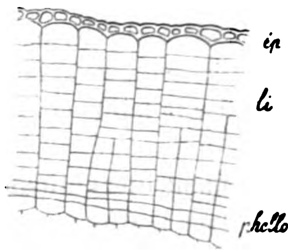


FIG. 15.

Fig. 15. *Kœlreuteria paniculata*. — *ép.*, épiderme; *li.*, liège; *phello.*, phellogène au-dessous duquel il n'y a qu'une assise de phelloderme.

Le *Sapindus* et le *Kœlreuteria*, dit M. Moeller, forment leur périderme aux dépens de l'assise externe de l'écorce primaire, le *Serjania* aux dépens d'une assise plus profonde (exemples : *Serjania cuspidata*, *Sapindus Saponaria*, *Kœlreuteria paniculata*) (fig. 15). Il en est de même dans l'*Æsculus Hippocastanum*, d'après M. Sanio, dans l'*Æsculus macrostachys* et l'*Æsculus Pavia*, d'après M. Moeller.

Acer oblongum. — On peut observer sur cette plante l'influence de la lumière sur le développement du périderme. Une bande de liège règne sur les plus jeunes entre-nœuds du

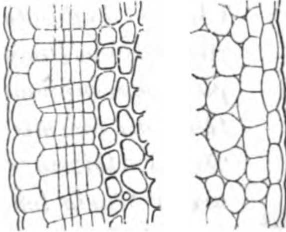


FIG. 16.

Fig. 16. ***Acer oblongum.*** **— Développement sous-épidermique du périderme abondant du côté éclairé, nul de l'autre côté du même rameau.**

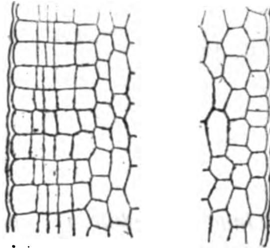


FIG. 17.

Fig. 17. ***Virgilia lutea.*** **— Développement du périderme épidermique, abondant du côté éclairé, nul de l'autre.**

côté éclairé par le soleil, tandis que la face opposée en est complètement dépourvue (fig. 16).

LÉGUMINEUSES. — Il y a cinq cas à considérer dans le périderme des Légumineuses : il peut être épidermique, sous-épidermique, cortical, endodermique, péricyclique.

1[er] cas. *Périderme épidermique.* — Un cas très net de périderme épidermique nous est fourni par le *Virgilia lutea*, où l'on peut observer en outre l'influence de la lumière (fig. 17); quelques assises de phelloderme se forment en même temps que les assises plus nombreuses de liège; de même pour le *Myroxylon Pereira* (fig. 18). La formation de liège est plus tardive et plus irrégulière dans le *Sarothamnus scoparius*, qui a une cuticule très épaisse; on voit aussi des cloisonnements tangentiels dans l'épiderme à cuticule épaisse de l'*Ulex europæus*.

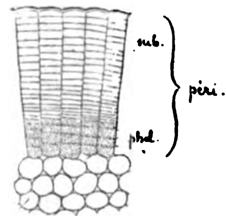


FIG. 18.

Fig. 18. ***Myroxylon Pereira.*** **— Périderme épidermique.**

2[e] cas. *Périderme sous-épidermique.* — Ce cas est très fréquent : on le rencontre dans l'*Hymenæa Courbaril*, le *Copaifera Langdolfii*, le *Dalbergia stipulacea*, l'*Inga biglandulosa* (fig. 19), le *Pterocarpus marsupium*, le *Geoffræa inermis* (fig. 20), l'*Albizzia eburnea*, l'*Acacia longifolia*, l'*Indigofera tinctoria*, le *Cercis Siliquastrum*.

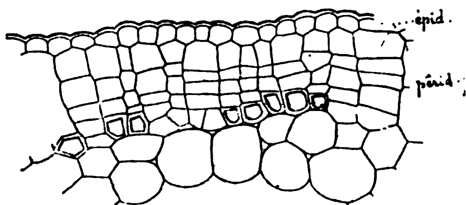


Fig. 19.

Fig. 19. *Inga biglandulosa.* — Périderme sous-épidermique avec phelloderme à cellules lignifiées.

Dans l'*Hymenæa Courbaril*, où le liège a des cellules plates, nombreuses, à parois minces, accompagnées de quelques assises de phelloderme, la résorption de l'écorce commence dans une région moyenne assez voisine de l'endoderme au-dessous des canaux sécréteurs; dans l'*Inga biglandulosa*, les cellules de la zone externe et l'écorce semblent résister à la destruction en se cloisonnant non seulement dans le sens tangentiel pour suivre le développement du cylindre central, mais encore dans le sens radial ; à ce moment, le premier phellogène est lignifié comme le phelloderme et cesse de fonctionner comme assise génératrice.

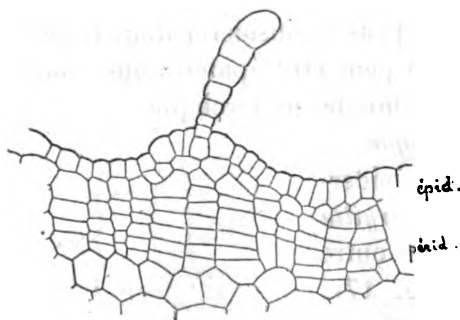


Fig. 20.

Fig. 20. *Geoffræa inermis.* — Périderme sous-épidermique.

3[e] cas. *Périderme cortical.* — Dans beaucoup de Légumineuses, le périderme se forme dans l'écorce. Nous empruntons à M. Moeller les exemples suivants : *Cytisus Laburnum* (fig. 21), la deuxième, troisième ou quatrième assise de l'écorce pri-

maire devient un phellogène; *Amorpha fruticosa*, le phellogène est la deuxième ou la troisième assise de l'écorce; *Robinia pseudo-acacia*, la quatrième, la cinquième ou la sixième assise de l'écorce devient de bonne heure un phellogène; *Sophora japonica*, même phénomène de la deuxième à la cinquième; *Cercis Siliquastrum*, de la deuxième à la quatrième; *Gleditschia monosperma*, *G. triacanthos*, de même de la deuxième à la troisième.

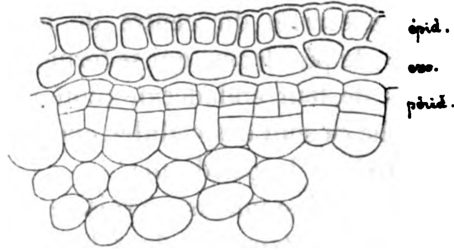


FIG. 21.

Fig. 21. *Cytisus Laburnum.* — Formation du périderme dans la deuxième assise de l'écorce.

Dans les Mimosées, l'origine du périderme est aussi variable; dans le *Calycandra*, elle varie de la deuxième à la quatrième assise de l'écorce.

A ces exemples de formation irrégulière du périderme dans l'écorce, je puis en ajouter d'autres.

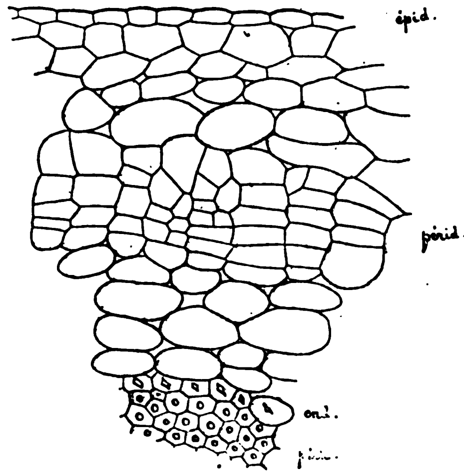


FIG. 22.

Fig. 22. *Onobrychis petræa.* — Formation irrégulière du périderme dans l'écorce.

Dans l'*Ononis rotundifolia*, l'*Onobrychis petræa* (fig. 22 et 23), le *Medicago sativa*, l'*Hippocrepis comosa*, l'*Orobus tuberosus*, le *Lathyrus grandiflorus*, c'est rarement l'endoderme qui présente les premiers cloisonnements tangentiels du périderme. Souvent même ce sont des cellules du milieu de l'écorce. Les cloisonnements

sont même irréguliers, obliques, surtout dans le phelloderme dont les éléments s'arrondissent et se dissocient. Les faisceaux foliaires écartés du centre de la tige ont leur endoderme propre; le périderme qui se forme en dehors d'eux se fait aux dépens de leur endoderme (côté externe); mais, à droite et à gauche ce sont des cellules quelconques de l'écorce qui sont génératrices du périderme.

Parfois, c'est une assise voisine de l'épiderme qui fournit le périderme, notamment dans les tiges aériennes de *Coronilla* et d'*Onobrychis*, tandis que dans les tiges souterraines de ces mêmes plantes, le périderme se forme plus profondément dans l'écorce.

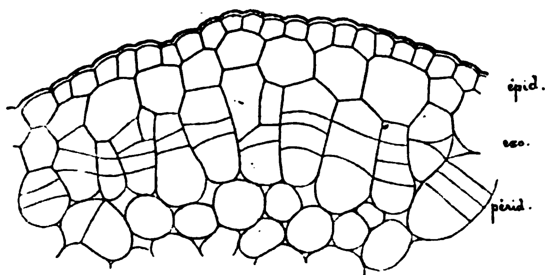


FIG. 23.

Fig. 23. *Onobrychis petræa.* — Comme dans la figure précédente.

Dans le *Geoffræa inermis*, l'écorce soulève çà et là l'épiderme en émergences qui portent des poils; en ces points, ce n'est pas l'assise sous-épidermique qui se cloisonne, mais une assise plus profonde, située sur le prolongement de celle-ci. Dans le *Bauhinia racemosa*, le périderme ne se forme pas régulièrement sur toute la périphérie de la tige; nul en certains points, il est très épais en d'autres et quelquefois même plusieurs assises corticales prennent part à sa formation simultanément.

Aucune autre famille ne m'a présenté autant d'irrégularité dans le lieu de formation du périderme. Cependant il est des exemples pour lesquels cette formation est nettement endodermique.

4e cas. *Périderme endodermique.* — M. Costantin l'a observé dans les tiges souterraines du *Lotus corniculatus*, du *Cicer arietinum*, du *Galega orientalis*, du *Trifolium alpestre;* et ses

expériences ont montré que le périderme se développe beaucoup plus rapidement et plus tôt dans les tiges souterraines que dans les tiges aériennes des mêmes plantes. J'ai, en effet, constaté que dans ces mêmes plantes le phelloderme prenait un développement bien plus considérable dans les rameaux souterrains que dans les rameaux aériens, et de plus que le liège peu développé en épaisseur souvent ne se subérifiait pas. J'insiste sur ce fait, qui me porte à croire que les causes physiques qui déterminent une abondante formation de périderme sous terre ne sont pas les mêmes que celles qui agissent sur le côté éclairé d'un rameau. Le liège qui se développe à la lumière est toujours fortement subérifié, quelquefois même lignifié; le liège souterrain est en cellulose, parfois plissé.

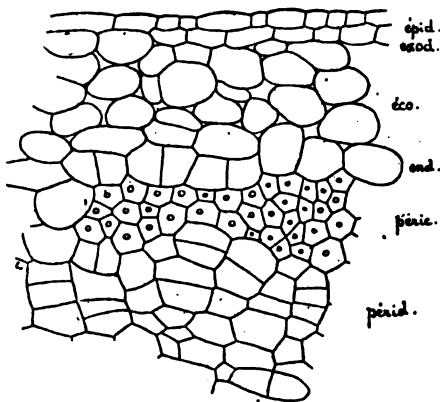


Fig. 24.

Fig. 24. *Soja hispida*. — Formation du périderme sous les fibres péricycliques.

5e cas. *Périderme péricyclique*. — Dans un nombre relativement petit de Légumineuses, le périderme est nettement péricyclique. Le *Caragana arborescens*, cité par M. Sanio, est dans ce cas, ainsi que le *Colutea* et le *Soja* (fig. 24). Il y a deux zones à considérer dans le péricycle de ces plantes : une zone externe fibreuse et une zone interne parenchymateuse. C'est l'assise de cellules en contact intérieurement avec les fibres qui allonge radialement ses cellules et les cloisonne tangentiellement pour fournir un liège subéreux et un phelloderme amylacé abondants. Dans le *Colutea*, le liège est formé de cellules plates, mortes de bonne heure et très abondantes; dans le *Soja*, les éléments sont à peu près isodiamétriques.

Rosacées. — Trois cas sont à considérer : 1° périderme

épidermique; 2° périderme sous-épidermique; 3° périderme péricyclique.

1° *Périderme épidermique.* — D'après M. Sanio, le périderme est épidermique dans le *Cydonia*, le *Mespilus*, l'*Amelanchier*, le *Cotoneaster* (1), le *Pirus*, le *Malus*, le *Sorbus*. On peut constater dans maint exemple que ce périderme est plus développé du côté de la lumière que du côté de l'ombre.

2° *Périderme sous-épidermique.* — M. Sanio cite comme exemple de cette formation les *Prunus* (fig. 26); nous devons y ajouter d'autres exemples empruntés à plusieurs tribus de la

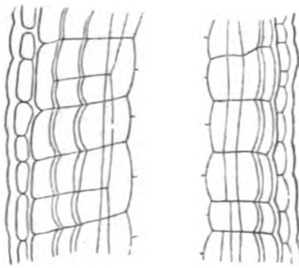


FIG. 25.

Fig. 25. *Cotoneaster Welleri.* — Formation sous-épidermique du périderme, plus développé du côté éclairé du rameau que de l'autre côté.

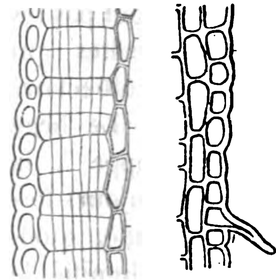


FIG. 26.

Fig. 26. *Prunus spinosa.* — Périderme abondant du côté éclairé du rameau, nul de l'autre côté.

famille des Rosacées. Parmi les Chrysobalanées, le *Couepia ovalifolia*, le *Licania incana*, le *Moquilea floribunda*, sont dans le même cas; parmi les Quillajées, le *Quillaja saponaria;* parmi les Pomacées, le *Photinia serrulata* et le *Cotoneaster Welleri* (fig. 25) (ce qui infirme la valeur du périderme comme caractère de tribu); parmi les Amygdalées, l'*Amygdalus nana*, le *Prunus spinosa* (fig. 26).

3° *Périderme péricyclique.* — Dans la majorité des autres plantes de la famille des Rosacées, le périderme est d'origine

(1) Dans le *Cotoneaster* observé par nous, le périderme est sous-épidermique (fig. 25).

péricyclique. J'ai observé cette formation dans les Spiréées (*Spiræa Ulmaria*, *S. Filipendula*, *S. hypericifolia*, *S. flexuosa*, *Neviusa alabamensis*); les Fragariées (*Geum rivale*, *G. urbanum*, *Fragaria vesca*, *F. elatior*, *F. collina*, *Comarum palustre*, *Potentilla reptans*, *P. supina*, *P. Tormentilla*); les Potériées (*Poterium Sanguisorba*, *Acæna macrophylla*, *Sanguisorba officinalis*, *Alchemilla vulgaris*, *Coluria geoides*, *Agrimonia Eupatoria*); les Rosées (*Rosa pyrenaica*, *R. alpina*) et les Rubées.

Spiréées. — M. Sanio place l'origine du périderme du *Spiræa opulifolia* dans l'écorce secondaire; dans tous les cas de ce genre, cités par M. Sanio, il s'agit du péricycle mélangé ou non de fibres, mais toujours en dehors des tubes criblés; nous l'avons vérifié une fois de plus dans une demi-douzaine de Spiréées. Dans le *Spiræa hypericifolia* (fig. 27), le péricycle a une zone externe parenchymateuse et une zone interne scléreuse : chose rare, puisque, dans la majorité des cas où le péricycle est différencié, la zone scléreuse touche l'endoderme.

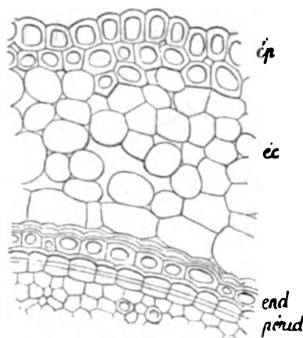


FIG. 27.

Fig. 27. *Spiræa hypericifolia.* — Origine péricyclique du périderme : *ép.*, épiderme; *éc.*, écorce; *end.*, endoderme; *périd.*, périderme.

C'est en dehors des cellules scléreuses du péricycle, contre l'endoderme, que le périderme prend naissance. Il ne se forme pas de phelloderme, mais toutes les cellules de liège formées ne se comportent pas de la même manière: la plus externe épaissit fortement sa membrane externe, comme le ferait un épiderme pourvu d'une forte cuticule; la seconde conserve des parois minces; la troisième prend des plissements échelonnés sur ses parois radiales et se subérifie; en dedans de cette assise est le phellogène qui ne prend que peu de cloisons centrifuges. Dans cette plante, l'endoderme n'est pas exfolié

par le périderme, il prend des cloisons radiales et l'accompagne dans son développement; l'écorce séparée de lui se détache en un seul morceau, laissant au-dessous d'elle une surface parfaitement lisse; on se croirait en présence d'une tige dans laquelle le périderme est sous-épidermique. Mêmes phénomènes dans le *Spiræa flexuosa*, dans le *Spiræa ulmifolia*, et d'une manière générale dans les tiges aériennes des plantes ligneuses de cette tribu. Dans les tiges aériennes annuelles des *Spiræa Ulmaria* et *Filipendula*, le péricycle est entièrement sclóreux, il ne se forme pas de périderme; dans le rhizome, au contraire, il se forme un périderme abondant. Ce fait n'a pas échappé à M. Costantin; mais, porté à croire que le liège des Rosacées se développait dans l'endoderme par l'étude qu'il avait faite de la Ronce (voy. plus loin, p. 358), il crut que le même phénomène se présentait chez les autres plantes de la même famille; son erreur était d'autant plus facile que des plissements analogues à ceux de l'endoderme se montrent dans la dernière assise de liège formée.

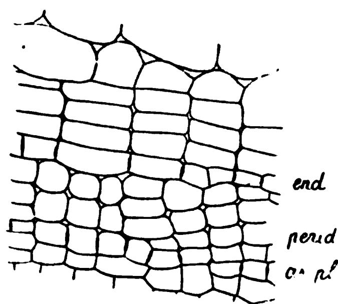


Fig. 28.

Fig. 28. *Poterium Sanguisorba.* — *end.*, endoderme; *as. pl.*, assise plissée du périderme.

M. Costantin signale aussi, dans le rhizome du *Spiræa Filipendula*, la présence parmi les assises de liège de deux assises particulières contenant un suc rougeâtre; ce sont précisément celles qui se sont subérifiées en prenant l'aspect d'un endoderme, tandis que les autres assises se subérifient beaucoup plus tardivement.

Potériées. — *Poterium Sanguisorba, Sanguisorba officinalis, Alchemilla vulgaris, Agrimonia Eupatoria.* Dans le rhizome du *Poterium Sanguisorba* (fig. 28), les assises à plissements sont séparées par trois assises de liège mou : la première des deux est l'endoderme; l'autre appartient au

périderme. Le phelloderme, toujours moins abondant que le liège, manque totalement en certains endroits. Le *Sanguisorba officinalis*, qui diffère à d'autres titres du *Poterium*, lui ressemble beaucoup par son périderme; il en est de même de l'*Alchemilla vulgaris* et de l'*Agrimonia Eupatoria*. Dans toutes ces plantes, l'endoderme se subérifie fortement et le liège reste en cellulose pure, sauf pour les assises à plissements.

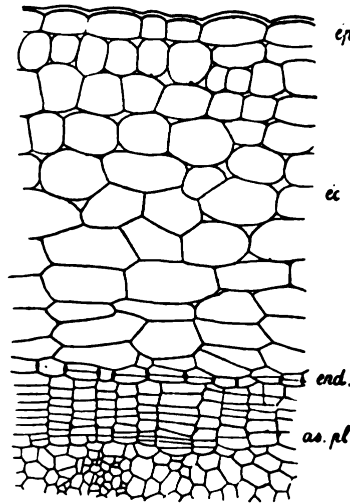


Fig. 29.

Fig. 29. *Fragaria vesca.* — Périderme péricyclique avec assise plissée.

Fragariées. — Dans les *Fragaria*, l'écorce interne, très nettement radiée et terminée par un endoderme à plissements subérifiés, ressemble au périderme sous-jacent; on peut cependant les discerner aux discordances des séries rayonnantes. Dans les *Fragaria*, les plissements de l'endoderme manquent parfois, mais l'on reconnaît que les plissements (observés) appartiennent au périderme en ce qu'ils sont, non sur la plus jeune cellule d'une série, mais sur la précédente (fig. 29).

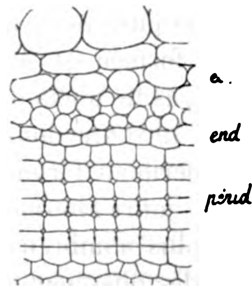


Fig. 30.

Fig. 30. *Comarum palustre.* — *éco.*, écorce; *endo.*, endoderme; *périd.*, périderme avec deux assises plissées et méats quadrangulaires.

Dans les *Potentilla*, l'endoderme est très net, l'écorce interne n'est pas sériée et la dernière assise de liège formée porte seule les plissements. Dans le *Comarum* (fig. 30), au contraire, plusieurs assises de liège sont plissées dans une tige qui est assez jeune pour n'avoir pas perdu son écorce.

Rosées. — Dans la tige aérienne, le périderme des *Rosa* est très tardif et d'origine épidermique (Moeller). Dans la tige souterraine, au contraire, il se développe dès la première année et se forme dans le péricycle ; celui-ci a une seule assise de cellules en dehors des fibres ; il prend quelques cloisons radiales et plisse l'avant-dernière cellule de chaque série rayonnante. On voit donc par là que, dans les tiges souterraines, le périderme peut avoir un siège différent de celui qu'il occupe dans les tiges aériennes de la même plante.

Rubées. — Contrairement à ce que j'avais publié en décembre 1887 (1), le périderme des *Rubus* ne diffère en rien de celui des Spiréées, Fragariées, etc. L'endoderme des tiges aériennes des *Rubus* est dépourvu de plissements, mais c'est la seule assise de l'écorce qui possède des cristaux d'oxalate de chaux de forme rhomboïdale. L'assise qui lui est immédiatement sous-jacente est une assise de péricycle mou extérieur à une couche de péricycle scléreux continu. Cette assise de péricycle mou s'accroît radialement et se cloisonne tangentiellement en direction centripète ; dès qu'elle a trois assises de cellules, celle du milieu prend des plissements. La cellule génératrice, qui est la plus profonde de la série radiale, se cloisonne encore et fournit alternativement une assise de cellules plissées et une assise de cellules molles ; la dernière assise formée est plissée, l'interne est l'assise génératrice ; il n'y a pas de phelloderme. Dans le courant d'une année, il se forme ainsi une douzaine d'assises de liège ; les assises plissées se subérifient fortement, les autres restent molles. Il n'y a pas toujours alternance régulière dans ces assises : les molles sont plus nombreuses que les autres. L'apparition très précoce des plissements sur la deuxième assise de liège formée peut faire croire que l'assise cloisonnée est l'endoderme. Mais, d'une part, l'endoderme des *Rubus* n'est pas plissé et, d'autre part, nous avons vu maintes fois les plissements endodermiques disparaître quand il recommence à croître.

(1) *Bulletin de la Société botanique de France.*

Les *Rubus* (*R. cæsius*, *idæus*, *fruticosus*) diffèrent donc moins qu'on ne pourrait le croire des Fragariées et des Rosées; du moins leur structure ne les en sépare-t-elle pas.

On voit, d'après tout ce qui précède, que des liens étroits unissent entre elles toutes ces tribus de la famille des Rosacées. C'est un argument de plus pour réunir, comme on le fait toujours maintenant, l'ancienne famille des Sanguisorbées à la famille des Rosacées, où elle forme avec l'Aigremoine la tribu des Potériées.

CÉLASTRACÉES. — 1° *Périderme épidermique.* — Dans l'*Evonymus*, l'épiderme est phellogène (Moeller). Exemples : *Evonymus obovatus*, *E. verrucosus*, *E. latifolius.*

2° *Périderme sous-épidermique.* — Dans le *Celastrus scandens*, le périderme, avec ses cellules de liège fortement épaissies et sclérifiées du côté interne, dérive de l'assise sous-épidermique (Moeller).

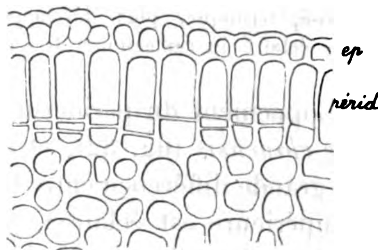


FIG. 31.

Fig. 31. *Pittosporum Tobira.* — Périderme sous-épidermique.

PITTOSPORÉES. — Dans le *Pittosporum Tobira*, le périderme est sous-épidermique (fig. 31).

VITÉES. — 1° *Périderme épidermique et sous-épidermique.* — Dans le *Cissus Roylei*, le périderme est sous-épidermique, tandis que dans l'*Ampelopsis heterophylla* il est épidermique. Si, au contraire, nous examinons, comme l'a fait M. Moeller, le *Cissus quinquefolia*, auquel il conserve le nom d'*Ampelopsis hederacea*, nous lui reconnaîtrons un périderme sous-épidermique. Le périderme nous fournit ici un caractère commode pour distinguer les *Cissus* des *Ampelopsis*.

2° *Périderme péricyclique.* — « Dans les *Vitis*, le péricycle comprend, en dehors de chaque faisceau libéroligneux, un arc de fibres bordé intérieurement par une assise parenchymateuse qui se continue sous l'endoderme; c'est cette assise qui

se cloisonne pour donner naissance au liège, et celui-ci en se développant exfolie toute l'écorce y compris l'endoderme, ainsi que les faisceaux de fibres péricycliques » (Morot, p. 270).

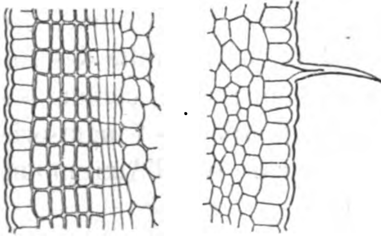


Fig. 32.

Fig. 32. *Zizyphus chinensis.* — Périderme sous-épidermique, plus développé du côté éclairé du rameau que de l'autre.

Rhamnées. — « La formation du périderme est tardive chez les *Zizyphus*, dit M. Moeller; chez les *Rhamnus* elle est sous-épidermique ». Sans contredire l'observation de M. Moeller, nous pouvons ajouter qu'à la lumière le développement du périderme est très précoce dans le *Zizyphus chinensis* (fig. 32), et qu'on peut observer à cet égard une grande différence entre les deux faces d'un rameau dont la supérieure est éclairée, tandis que l'inférieure est dans l'ombre. Celle-là possède cinq assises de liège régulièrement épaissies et subérifiées, avec deux assises de phelloderme, tandis que celle-ci n'en possède pas. L'influence de la lumière se fait sentir à travers un épiderme à cuticule assez épaisse, comme l'indique la figure 32.

ORDRE IV

DIALYPÉTALES INFÉROVARIÉES

Saxifragées. — 1° *Périderme épidermique.* — Un exemple de périderme épidermique nous est offert par le *Brexia heterophylla*. La cuticule ayant une forte épaisseur, les cloisonnements sont lents et ne s'étendent pas uniformément sur toute la périphérie de la tige. Ce liège se fend en long à mesure que l'écorce, qui accompagne par une croissance tangentielle le développement du cylindre central, exerce une pression sur lui.

2° *Périderme sous-épidermique.* — Le périderme est sous-

épidermique dans le *Roussæa simplex* et le *Weinmannia* (ce second exemple, d'après M. Moeller).

L'écorce du *Roussæa* (fig. 33) diffère beaucoup de celles des *Saxifraga*, *Ribes*, *Deutzia*, etc. Sous l'épiderme, on observe un périderme ayant cinq assises de liège et deux de phelloderme; liège mou, sans lignification ni épaississements considérables; au voisinage de l'endoderme, de grosses cellules lignifiées, puis quelques assises de parenchyme, et, enfin, l'endoderme avec les plissements caractéristiques entre deux couches de parenchyme mou, l'une corticale, l'autre péricyclique (1).

3° *Périderme péricyclique.* — D'après M. Sanio, le périderme des *Ribes* et des *Deutzia* se forme profondément dans le tissu de l'écorce primaire, tandis que dans le *Philadelphus coronarius* il se forme dans l'écorce secondaire; ces trois plantes se trouvent rangées par suite dans deux catégories. En réalité, leur périderme est péricyclique; il en est de même dans l'*Escallonia*, que M. Moeller rapproche des *Ribes*. Examinons, en effet, quelques plantes de cette famille.

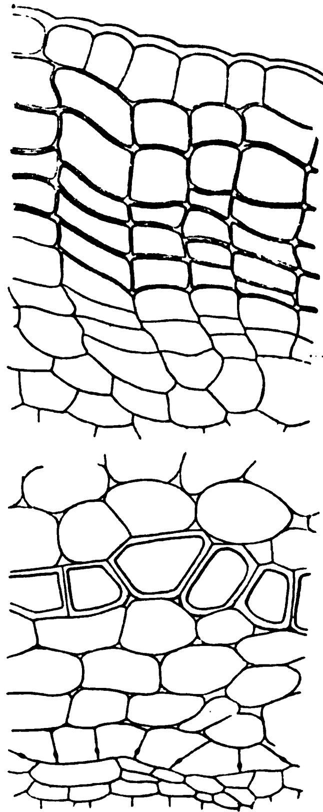


FIG. 33.

Fig. 33. *Roussæa simplex.* — La partie supérieure de la figure représente la zone externe de l'écorce avec périderme sous-épidermique. La partie inférieure représente les fibres corticales, l'endoderme et le péricycle. Le parenchyme cortical moyen manque.

(1) Les plissements endodermiques sont d'autant plus nets que les tissus voisins sont moins différenciés.

Dans les *Saxifraga aconitifolia* (fig. 34), le péricycle est formé, sous l'endoderme plissé, d'une assise de cellules en contact çà et là avec des fibres ou avec les tubes criblés les plus externes. C'est cette assise qui se cloisonne tangentiellement. Dans le *Saxifraga cordifolia*, le périderme apparaît sous les fibres péricycliques plus abondantes, qui sont en contact avec l'endoderme.

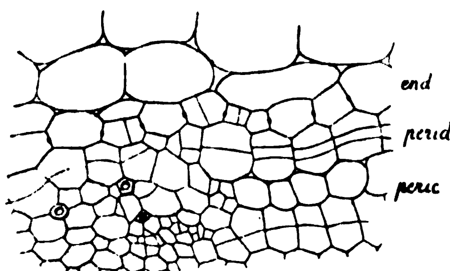


FIG. 34.

Fig. 34. *Saxifraga aconitifolia.* — Sous l'endoderme (*end.*), qui se cloisonne radialement, le péricycle, en dehors des fibres, prend des cloisons tangentielles.

Dans l'*Hydrangea Hortensia* (fig. 35), l'écorce a des cellules beaucoup plus volumineuses que le péricycle, certaines grosses cellules sont fortement épaissies et lignifiées, tandis que le péricycle est mou : c'est là, immédiatement sous l'endoderme, que se forment les cloisons tangentielles qui donnent naissance au liège sans phelloderme.

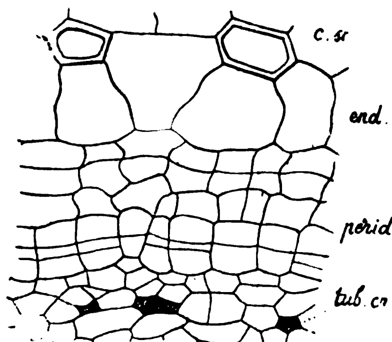


FIG. 35.

Fig. 35. *Hydrangea Hortensia.* — *c. sc.*, cellules scléreuses de l'écorce; *end.*, endoderme; *périd.*, périderme péricyclique; *péric.*, péricycle; *tub. cr.*, tubes criblés.

La marche du cloisonnement est inverse dans l'*Hydrangea aspera* (fig. 36); il se forme d'abord trois ou quatre cloisons en direction centrifuge, donnant lieu à la production d'un phelloderme dont les cellules se dissocient en formant des méats quadrangulaires; ensuite apparaît la cloison qui sépare la première cellule du liège. Une fois isolée de ses congénères, cette cellule prend

un caractère spécial; elle porte sur ces cloisons radiales les plissements échelonnés qui caractérisent souvent les endodermes. Ces plissements pourraient facilement induire en erreur un observateur superficiel. Si en voyant une coupe de tige de l'*Hydrangea aspera*, on remarque qu'une assise génératrice a donné naissance à une demi-douzaine d'assises de cellules, et que la plus externe de toutes porte des plissements échelonnés, on est tout naturellement porté à considérer l'assise génératrice comme l'endoderme, d'autant plus que, dans l'*Hydrangea aspera*, le véritable endoderme, j'entends l'assise la plus interne des cellules de l'écorce, n'est aucunement différencié.

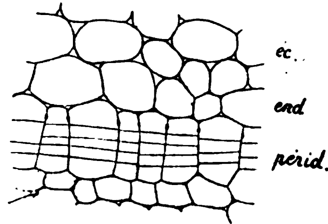


FIG. 36.

Fig. 36. *Hydrangea aspera.* — *éc.*, écorce; *end.*, endoderme sans plissements; *périd.*, périderme avec une seule assise de liège pourvue de plissements.

Dans le *Philadelphus Zeyheri* (fig. 37), le périderme se forme sous les fibres péricycliques, ou immédiatement sous l'endoderme plissé, là où les fibres manquent. Cette formation est irrégulière; certaines cellules s'allongent plus que les voisines ou se cloisonnent plus tôt; mais, dans chaque cellule, le cloisonnement est centripète : il n'y a pas de phelloderme.

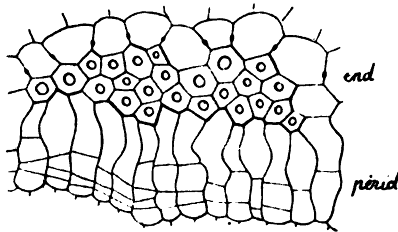


FIG. 37.

Fig. 37. *Philadelphus Zeyheri.* — *end.*, endoderme à plissements; *périd.*, périderme sous les fibres péricycliques. Les cellules du liège sont très allongées radialement.

Dans le *Ribes* (fig. 38), l'endoderme ne présente pas de plissements, et les cellules du péricycle ayant à peu près le même diamètre que celles de l'écorce, la limite entre elles est bien difficile à tracer. Toutefois, l'assise externe du liège alterne

régulièrement avec des cellules plates que je considère comme endodermiques : le phellogène appartient au péricycle; il se cloisonne tangentiellement en direction centripète et en direction centrifuge, et le phelloderme est abondant, chose rare dans les végétaux ligneux.

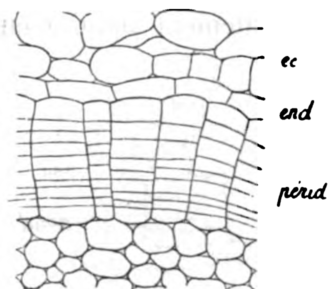


Fig. 38.

Fig. 38. *Ribes nigrum.* — *éc.*, écorce; *end.*, endoderme sans plissements; *périd.*, périderme formé de cinq assises de liège centripète pour deux ou trois de phelloderme centrifuge.

Il en est de même dans l'*Escallonia montevideensis*, d'après M. Moeller.

ŒNOTHÉRACÉES. — M. Costantin place sous l'endoderme la couche subéreuse des *Circæa* et *Epilobium*. En effet, dans toutes les plantes de cette famille que j'ai étudiées, le périderme se forme sous l'endoderme aux dépens de l'assise externe du péricycle. Exemples : *Circæa mollis*, *C. lutetiana*, *Œnothera sinuata*, *Œ. Drummondi*, *Epilobium tetragonum*, *Fuchsia syringæfolia*, *Lopezia racemosa*.

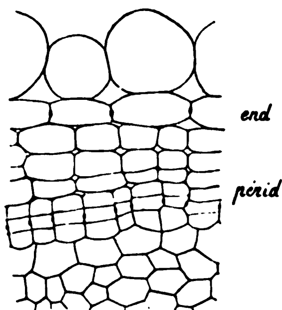


Fig. 39.

Fig. 39. *Epilobium hirsutum.* — *end.*, endoderme à plissements; *périd.*, périderme avec une assise plissée. Pas de phelloderme.

Epilobium (fig. 39). — Dans la tige souterraine des *Epilobium*, le périderme prend un développement très considérable, et les cellules du liège conservent, pendant très longtemps, leurs membranes en cellulose pure; quant au phelloderme, il n'existe pas; le phellogène ne subit pas de cloisonnements centrifuges. Les cellules du liège sont disposées en séries rayonnantes et concentriques parfaitement régulières; tabulaires dans le jeune âge, elles deviennent peu à peu cubiques, puis s'allongent dans le sens

du rayon de la tige en arrondissant leurs angles et laissant entre elles des méats quadrangulaires de plus en plus larges à mesure qu'elles sont plus âgées. Puis, certaines cellules grandissant plus vite que les voisines, les méats se fusionnent en lacunes, mais les cellules externes, continuant à s'arrondir, se dissocient complètement et sont séparées de la plante. Au moment où cesse le jeu de l'assise génératrice qui a donné naissance à une trentaine ou une quarantaine d'assises de liège, la dernière, ainsi formée, présente, sur ses parois radiales, un cadre plissé et subérifié qui lui donne tout à fait l'aspect d'un endoderme, mais ce cadre n'est bien visible que si l'on observe des coupes nettoyées dans l'hypochlorite de soude et la potasse, et colorées ensuite par la fuchsine. L'assise génératrice, située sous l'assise plissée, fournira l'année suivante de nouvelles assises de liège, qui exfolieront les premières, et, quand elle cessera d'agir, la dernière assise de liège formée plissera ses cloisons radiales. Le péricycle, dans cette plante, possède une dizaine d'assises de cellules et rend inutile le développement du phelloderme. Il est à remarquer que le liège souterrain ou aquatique des *Epilobium* n'est pas subérifié; il se colore en rose par le carmin aluné, la fuchsine n'a aucune prise sur lui, non plus que le vert d'iode. Dans l'*Epilobium lanceolatum*, quelques fibres péricycliques sont çà et là en contact immédiat avec l'endoderme, dont les plissements sont très visibles (fig. 40). Les cellules du péricycle génératrices du liège sont, en ces points, sous-jacentes aux fibres; en d'autres points, il arrive que l'assise génératrice passe sous une fibre, mais elle laisse toujours les tubes criblés en dedans d'elle.

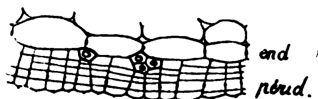


FIG. 40.

Fig. 40. *Epilobium lanceolatum.* — *end.*, endoderme à plissements; *périd.*, périderme avec assise plissée sous les fibres péricycliques.

Circæa mollis. — Il peut arriver que le jeu de l'assise génératrice du périderme donne naissance, dans le cours d'une année, à plusieurs assises plissées. Ce phénomène m'a été

offert par le *Circæa mollis :* dans cette plante, le plissement s'étend sur toute la paroi, comme dans son endoderme. Il faut noter aussi la précocité de ces plissements; aussitôt que la cellule qui doit les porter est détachée de l'assise génératrice, elle plisse ses cloisons radiales.

Nous avons cent fois été témoin d'un pareil phénomène en étudiant le développement des racines. On peut observer, dans un très grand nombre de cas, qu'aussitôt que les cloisonnements centripètes de l'écorce interne ont pris fin, l'endoderme porte des plissements, et, si la croissance de la racine cesse, l'endoderme porte des plissements presque jusqu'à la cellule initiale.

Fuchsia syringæfolia. — Dans les tiges aériennes de cette plante, le périderme se forme immédiatement sous l'endoderme, qui est résorbé, ainsi que le reste de l'écorce, par son développement. Les cellules externes du liège s'arrondissent en forme d'épiderme et se subérifient, tandis que la dernière assise formée porte des plissements; tout le reste est en cellulose pure.

La *Lopezia racemosa* offre le même aspect que le *Fuchsia*.

La *Trapa natans*, plante aquatique, manque de périderme.

Disparition de l'écorce. — La destruction de l'écorce commence par la zone moyenne dans le *Fuchsia syringæfolia*. Les grandes cellules de l'écorce meurent et se vident les premières, puis la destruction continue vers l'endoderme et vers l'épiderme, jusqu'à ce qu'il ne reste plus que des membranes desséchées, qui s'exfolient.

Combrétacées. — D'après M. Moeller, dans le *Combretum decandrum*, le périderme se forme immédiatement sous la zone des faisceaux primaires. Dans tous les cas de ce genre, nous avons vu qu'il s'agissait du péricycle.

Mélastomacées. — « Un péricycle simple, homogène, parenchymateux, peut devenir générateur de liège. Il en est ainsi, par exemple, chez la plupart des Mélastomacées, telles que le *Melastoma rosea*, *M. sericea*, *Centradenia grandiflora*, *Pleroma*

Gaudichaudiana. » Pour corroborer ces observations de M. Morot, j'ai observé, en outre, le *Melastoma heteromala* (fig. 41); son péricycle n'est pas homogène, il présente, même dans les tiges très jeunes, une assise continue de fibres immédiatement en contact avec l'endoderme; sous cette assise est un péricycle parenchymateux, dont l'assise externe fournit le périderme. Les cloisonnements centrifuges sont tardifs et le liège peut avoir quatre assises, alors que le phelloderme manque complètement.

D'autres Mélastomacées, que j'ai pu étudier, ont un périderme sous-épidermique: *Medinilla farinosa*, *Clidemia scandens.*

Myrtacées. — M. Sanio expose la formation du périderme dans le *Melaleuca styphelioides*, en le plaçant dans l'écorce secondaire. Ce que M. Sanio appelle écorce secondaire, c'est le liber et encore le liber dans son ancien sens, y compris les fibres péricycliques. Or la formation du périderme des Myrtacées est péricyclique, l'assise génératrice étant toujours située entre l'endoderme et les premiers tubes criblés. Le péricycle des Myrtacées renferme des faisceaux de fibres assez espacés les uns des autres dans les *Melaleuca*, formant un cercle continu dans l'*Eugenia Ugni* (fig. 42), quelquefois immédiatement en contact avec l'endoderme, parfois séparés de lui par une assise parenchymateuse. Partout où les fibres manquent, le périderme se forme immédiatement contre l'en-

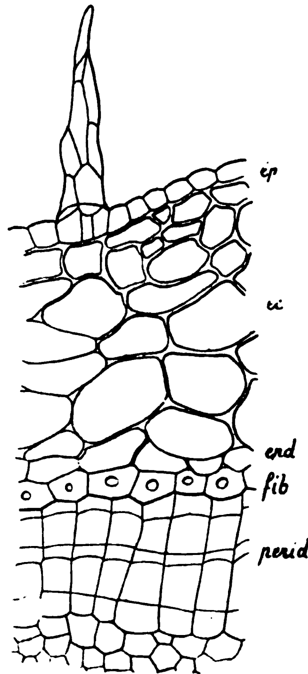


Fig. 41.

Fig. 41. *Melastoma heteromala.* — *ép.*, épiderme; *éc.*, écorce; *end.*, endoderme; *fib.*, fibres péricycliques; *périd.*, périderme avec deux assises de liège et deux de phelloderme.

doderme; ailleurs il se forme sous les fibres. Le périderme du *Melaleuca styphelioides* a offert à M. Sanio une particularité intéressante : sur certaines cellules de liège existe une bande hyaline, encadrant la cellule, homogène sur les matériaux frais, plissée sur les matériaux âgés; cette bande hyaline, je l'ai observée moi-même chez les *Melaleuca diosmæfolia* (fig. 43), *M. hypericifolia* (fig. 44), *M. genistæfolia* (fig. 45), ainsi que dans d'autres genres de la même famille : *Barringtonia*, *Eugenia*, *Callistemon*, *Myrtus*, où le périderme est péricyclique. Cette bande est parfois fortement subérifiée et se colore en un rouge plus intense que le reste du liège quand on fait agir sur la préparation la fuchsine ammoniacale; elle est parfois lignifiée, comme le sont souvent les plissements endodermiques, et, dès lors, se colore bleu par le vert d'iode, tandis que le suber reste incolore.

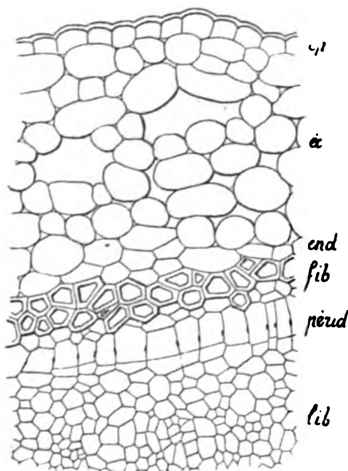


FIG. 42.

Fig. 42. *Eugenia Ugni*. — *ép.*, épiderme; *éc.*, écorce avec des lacunes; *end.*, endoderme non plissé; *fib.*, fibres péricycliques; *périd.*, périderme avec assise plissée (début du développement); *lib.*, liber.

Dans l'*Eugenia australis* (Wendl), le périderme se forme dans la deuxième ou troisième assise des cellules de l'écorce. N'y aurait-il pas lieu de redonner à cette plante le nom de *Jambosa australis* (DC.), afin de ne pas rompre l'homogénéité du genre *Eugenia*, où le périderme est péricyclique?

Quand il existe des cellules de péricycle entre l'endoderme et les fibres, il se forme fréquemment, dans les *Melaleuca*, plusieurs péridermes, l'un en dehors des fibres, l'autre en dedans; l'externe se subérifie complètement sans donner de phelloderme, de telle sorte que les fibres sont complètement incluses dans du liège.

Dans le *Melaleuca hypericifolia* (fig. 41) et le *M. genistæfolia* (fig. 44) on peut observer la formation de plusieurs pérídermes successifs dans une tige âgée de moins d'un an. L'assise génératrice du périderme fournit une ou deux assises de liège et cesse de fonctionner en devenant une assise de phelloderme plus ou moins lignifiée; l'assise de péricycle sous-jacente fonctionne de même, puis une troisième et une quatrième. Dans chaque série, la dernière assise formée porte des plissements.

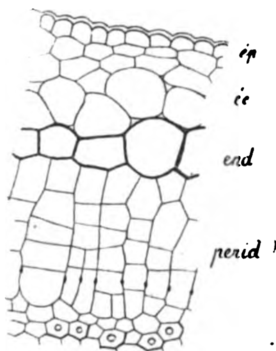


FIG. 43.

Fig. 43. *Melaleuca diosmæfolia.* — *ép.*, épiderme; *éc.*, écorce; *end.*, endoderme; *périd.*, périderme avec assise plissée, en dehors des fibres péricycliques.

OMBELLIFÈRES. — Le périderme ne se forme que dans la tige souterraine vivace, et, comme il est peu abondant et très faiblement ou non subérifié, il a échappé jusqu'ici à l'observation, car il n'est cité par aucun auteur. Néanmoins, je l'ai observé dans l'*Athamanta Matthioli*, l'*Ægopodium Podagraria* et le *Seseli varium*. Il ressemble beaucoup à celui des Dipsacées, les cellules sont peu aplaties, sans épaississement remarquable sur leurs membranes, sans lignification; le phelloderme est nul ou réduit à une ou deux assises.

Les entre-nœuds des tiges souterraines d'Ombellifères étant très courts, quand on fait une coupe transversale de la tige âgée, on voit en maint endroit un suber de cicatrisation d'autant plus étendu que la feuille est engainante. Ce suber se raccorde avec le périderme sous-épidermique; mais, il est lui-même, dans la majeure partie de son étendue, situé dans des assises profondes; il importe de ne pas confondre ces deux tissus l'un avec l'autre.

ARALIACÉES. — M. Costantin a signalé dans la tige enterrée d'un *Aralia pentaphylla* deux couches subéreuses formées la première aux dépens de l'épiderme, la seconde aux dépens de

l'assise sous-jacente à un âge où la tige aérienne n'en possède pas encore. Il n'en résulte pas que le périderme soit normalement d'origine épidermique ou sous-épidermique; l'irritation produite par l'action du sol a pu provoquer la formation du liège dans ces régions externes. M. Moeller signale, en effet, comme sous-épidermique, la formation du périderme de l'*Aralia japonica*, et cela dans la seconde année.

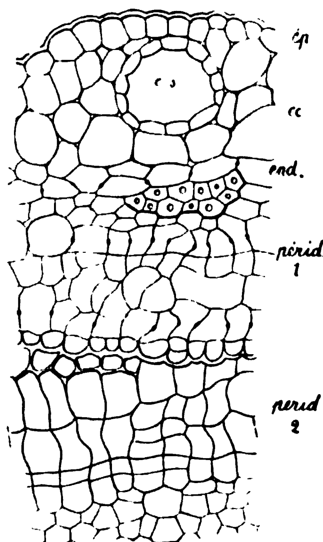


Fig. 44.

Fig. 44. *Melaleuca hypericifolia.* — *ép.*, épiderme; *éc.*, écorce avec poche sécrétrice (*c.s.*); *end.*, endoderme; *périd.* 1, premier périderme irrégulier avec deux assises plissées et phelloderme lignifié; *périd.* 2, deuxième périderme formé sous le premier ne présentant pas encore d'assise plissée.

Dans les tiges aériennes de l'*Hedera Helix*, le périderme se forme normalement dans la première assise des cellules de l'écorce, sous un épiderme formé de cellules deux fois plus petites, sans autre particularité remarquable; le phelloderme existe, quoique peu abondant.

Cornacées. — 1° *Périderme épidermique.* — Nous avons plusieurs cas à considérer. Il apparaît de très bonne heure, dans les rameaux du *Cornus stricta* (fig. 46), un périderme épidermique formé uniquement de liège, par cloisonnement centripète. Les parois radiales des cellules restent minces, mais les parois tangentielles sont fortement épaissies; le mode d'épaississement que nous figurons ci-contre se produit normalement dans cette plante. Les trois premières cloisons formées s'épaississent peu, tandis que la quatrième devient aussi épaisse que la cuticule; la cellule génératrice sous-jacente continue à fournir des assises de liège ordinaire, intercalées de liège fortement épaissi.

Influence de la lumière. — Un rameau quelconque présente deux faces, l'une supérieure, l'autre inférieure. Ces deux faces sont inégalement éclairées; la face inférieure est toujours dans l'ombre, tandis que l'autre reçoit souvent la lumière directe du soleil. Celle-ci est beaucoup plus fortement colorée que l'autre; notamment dans le *Cornus*, elle est d'un rouge beaucoup plus foncé. Pour comparer le développement du liège sur l'une et l'autre face en des points comparables, il suffit de faire une coupe transversale : tous les points de cette coupe ont le même âge et se sont trouvés dans des conditions d'existence identiques. Seulement, l'une a reçu les rayons directs du soleil, que l'autre ne recevait pas.

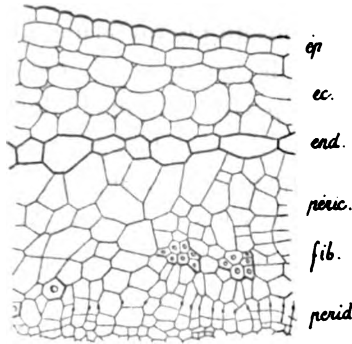


FIG. 45.

Fig. 45. *Melaleuca genistaefolia.* — *ép.*, épiderme; *éc.*, écorce; *end.*, endoderme; *péric.*, péricycle; *fib.*, fibres péricycliques; *périd.*, périderme profond sous les fibres péricycliques, mais en dehors des tubes criblés, avec assise plissée.

Or, si nous faisons une coupe dans le premier entre-nœud développé d'un *Cornus*, nous pouvons voir le côté éclairé posséder quatre ou cinq assises de liège épidermique, alors que le côté non éclairé n'en présente pas trace (fig. 46). M. Dufour a constaté que dans les feuilles la cuticule était plus épaisse du côté éclairé que de l'autre; le même phénomène peut être observé sur les tiges avant l'apparition du liège.

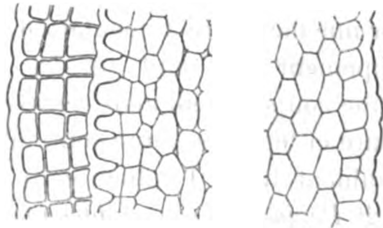


FIG. 46.

Fig. 46. *Cornus stricta.* — Périderme épidermique développé uniquement du côté éclairé du rameau, offrant une assise de liège à paroi externe remarquablement épaissie.

Dans le cas de formation de liège épidermique, aucune partie de la tige n'est exfoliée et l'écorce reste vivante; les fonctions du phelloderme, qui sont précisément les mêmes que celles de l'écorce, n'ont donc pas cessé d'être remplies. La non-apparition du phelloderme n'a rien qui nous choque, mais l'écorce ne tarderait pas à se dessécher si le tissu protecteur ne se formait précisément du côté qui reçoit le plus de chaleur. Dans le cas présent, la lumière porte avec elle le remède au mal qu'elle pourrait causer. Le liège qui se forme est subérifié de très bonne heure.

Dans les tiges âgées de plus d'un an, les choses se régularisent; la formation du périderme a été plus précoce du côté éclairé que de l'autre, mais à la fin de l'année le liège n'est pas pour cela plus abondant comme nombre de cloisons; on peut constater seulement que les cloisons sont plus épaisses et plus fortement subérifiées, plus fortement colorées.

L'inégal développement du liège sur les deux faces de la tige n'avait pas échappé à M. Sanio (p. 43) : « Le liège ne se forme pas abondamment avec assez de régularité dans l'étendue d'un entre-nœud pour qu'une coupe le montre en tous ses points à un même état de développement. Le liège se montre abondant bien plus souvent en un point qui, par sa position, par une meilleure alimentation, etc., se trouve avoir un développement plus actif que les voisins. » Or tous les points d'une coupe transversale reçoivent la même quantité de nourriture et les causes que contient le « etc. » de M. Sanio, me semblent dues à l'influence du soleil.

2° *Périderme sous-épidermique.* — Dans le *Mastixia* et le *Curtisia*, le périderme est sous-épidermique. Dans une tige d'un an de *Mastixia gardneriana*, le périderme se compose d'une quinzaine d'assises assez régulièrement disposées en séries rayonnantes, dont neuf ou dix appartiennent au liège, quatre ou cinq au phelloderme. Le liège, formé de cellules tabulaires peu aplaties, est encore recouvert par un épiderme à cuticule très épaisse. Les cellules de l'épiderme sont plus nombreuses que celles du phellogène sous-épidermique; on

en compte trois ou quatre de l'épiderme pour deux de l'assise sous-jacente; l'origine du phelloderme dans cette dernière assise ne laisse aucun doute.

Il en est de même dans le *Curtisia faginea*, dont les cellules épidermiques sont plus tabulaires et dont la cuticule est un peu moins épaisse. M. Van Tieghem a établi que le *Mastixia*, possédant dans la tige et la feuille des canaux sécréteurs, s'éloigne par ces caractères des *Cornus*, qui n'en possèdent pas; l'origine sous-épidermique du périderme dans cette plante serait un argument de plus (faible, il est vrai), pour éloigner ce genre litigieux de la famille des Cornées, si le *Curtisia*, qui est une véritable Cornée, ne présentait pas la même formation.

ORDRE V

GAMOPÉTALES SUPÉROVARIÉES

ÉRICACÉES. — « Dans les Épacridées et les Éricacées, dit M. Vesque, le périderme primaire paraît toujours se former au-dessous des fibres libériennes primaires (*Epacris*, *Leucothoe*, *Kalmia*, *Clethra*, *Azalea*, *Ledum*, *Zenobia*, *Macleania*, *Psammisia*, *Lyonia*, *Arctostaphylos*, *Andromeda*, *Rhododendron*). Dans le *Vaccinium*, le périderme se forme immédiatement au-dessous de l'épiderme. » Or, d'un autre côté, M. Maury signale comme péricyclique la formation péridermique du *Vaccinium*.

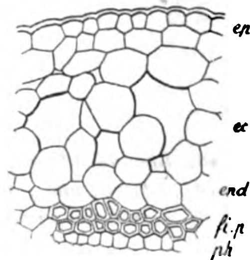


FIG. 47.

Fig. 47. *Vaccinium macrocarpum*. — Coupe de la tige avant l'apparition du périderme : *ep.*, épiderme; *éc.*, écorce; *end.*, endoderme; *fi. p.*, fibres péricycliques; *ph.*, phellogène.

Examinons le *Vaccinium macrocarpum* (fig. 47); son écorce lacuneuse possède six assises de cellules arrondies entre l'épiderme et l'endoderme. Le péricycle est formé de deux zones : l'une externe de fibres scléreuses, l'interne parenchymateuse; ce sont les cellules du péricycle sous-jacentes aux fibres qui

donnent naissance au périderme de cette plante, en exfoliant le péricycle scléreux et l'écorce (fig. 49). Nous ne pouvons donc que confirmer les observations de M. Maury, sans nous expliquer l'erreur de M. Vesque, qui ne fournit aucun détail sur son observation. J'ai pu vérifier le même fait dans d'autres Éricacées, notamment dans l'*Arbutus Andrachne*, où le liège se montre avec des cloisons tangentielles lignifiées; dans les *Calluna*, l'*Erica*, l'*Epacris*, le périderme est aussi péricyclique. Cette formation, qui peut n'avoir dans certaines familles qu'une très faible importance pour différencier les tribus ou les genres, prend ici une assez grande valeur, puisqu'elle imprime un caractère commun à toutes les espèces du groupe formé par les Épacridées et les Éricacées.

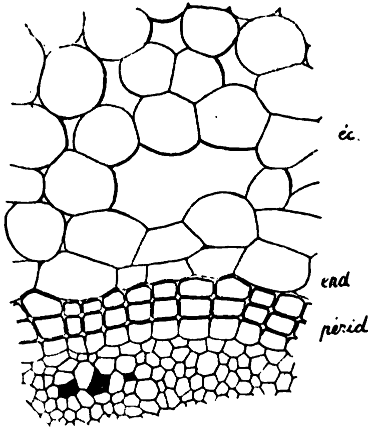


Fig. 48.

Fig. 48. *Rhododendron Dalhousiæ.* — *éc.*, écorce; *end.*, endoderme; *périd.*, périderme péricyclique.

M. Moeller place le périderme des Éricacées tout près de la limite de l'écorce secondaire, dans la région des faisceaux vasculaires primaires. En réalité, le premier périderme est tout entier en dehors des tubes criblés les plus jeunes, là comme partout ailleurs. On peut s'en convaincre en observant la figure ci-jointe, qui représente l'origine du périderme dans un *Rhododendron* dépourvu de fibres (fig. 48).

Exfoliation de l'écorce. — Pendant le développement du cylindre central, qui s'accroît non seulement par la formation du périderme, mais encore de bois et de liber secondaires, le diamètre extérieur de la tige reste constant. En effet, sous l'épiderme l'écorce disparaît peu à peu, les réserves accumulées dans ses cellules sont dépensées pour nourrir le cylindre cen-

tral qui grandit, les lacunes s'aplatissent, les cellules vides s'aplatissent à leur tour, les membranes mêmes, transformées en un épais mucilage, finissent par se dissoudre, tandis que l'épiderme fortement subérifié résiste jusqu'à la disparition de l'écorce tout entière.

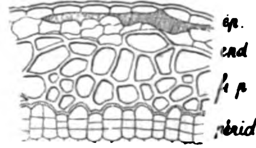


FIG. 49.

Fig. 49. *Vaccinium macrocarpum.* — Destruction de l'écorce : *ép.*, épiderme plus ou moins complètement détruit; *end.*, endoderme en train de disparaître; *fi. p.*, fibres péricycliques; *périd.*, périderme.

Quand il ne reste plus que la cuticule, et que le cylindre central continue à grandir, elle est exfoliée. Les fibres péricycliques, mortes et lignifiées à cette époque, se séparent d'avec le liège sous-jacent et sont exfoliées de même. L'écorce n'est donc pas exfoliée, elle est détruite.

On peut suivre la marche de ce phénomène dans le *Vaccinium macrocarpum* (fig. 49).

SAPOTACÉES. — « Le périderme se forme dans les plus jeunes entre-nœuds (*Achras*, *Lucuma*) ou plus tard, parfois même seulement dans la deuxième période de la végétation, aux dépens de la plus externe des cellules de l'écorce primaire (*Achras*, *Lucuma*) ou des suivantes jusqu'à la quatrième (*Sapota*) » (Moeller). Le périderme est sous-épidermique dans le *Chrysophyllum piriforme*, dont la figure 50 représente une coupe faite dans un jeune rameau. On peut constater l'influence exercée par la lumière sur le développement du périderme. Le phelloderme n'a qu'une assise de cellules, alors que le liège en a deux.

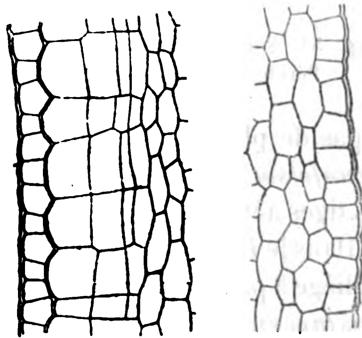


FIG. 50.

Fig. 50. *Chrysophyllum piriforme.* — Développement du périderme du côté éclairé d'un rameau. Périderme sous-épidermique.

Ébénacées. — « Le périderme est sous-épidermique dans les *Diospyros Lotus* et *D. virginiana* » (Moeller).

Solanées. — Cette famille nous offre trois cas à considérer : 1°-périderme épidermique ; 2° périderme sous-épidermique ; 3° périderme profond.

1° *Périderme épidermique.* — Comme exemples de cette formation, les genres *Solanum*, *Physalis*, *Nicandra*, *Datura*, *Fabiana*, *Vestia* et *Nierembergia* sont cités par M. Vesque. Nous ne saurions tirer aucune conséquence de ce fait pour la classification des Solanées. Les *Solanum*, *Physalis*, *Nicandra*, sont de la tribu des Solanées ; le *Datura* appartient aux Atropées ; les *Fabiana* et *Vestia* à la tribu des Cestrées ; les *Brunfelsia* et *Nierembergia* à la tribu des Salpiglossidées ; de plus, chacune de ces tribus contient des exemples de périderme plus profond (*Iochroma*, *Lycium*, *Cestrum*, *Petunia*).

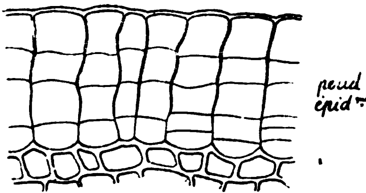


Fig. 51.

Fig. 51. *Solanum Dulcamara.* — Périderme épidermique.

Le liège du *Solanum Dulcamara* est formé de cellules cubiques, sans épaississement remarquable (fig. 51) ; il n'y a pas de phelloderme. Ceux du *Nicandra physaloides*, d'un *Brunfelsia* et du *Fabiana imbricata*, fort peu abondants dans les tiges aériennes, sont dans le même cas.

Dans le *Datura Metel*, on ne compte que deux ou trois assises de liège à parois minces ; dans une tige d'un an, le *Datura Stramonium* en est presque totalement dépourvu ; le *Physalis peruviana* aussi, et je n'en ai pas observé dans les tiges aériennes d'un an de *Nicotiana Tabacum*, ni d'*Atropa Belladona*, ni d'*Hyoscyamus albus*. Toutes ces plantes se ressemblent par une écorce très peu différenciée et une faible lignification de leur bois.

2° *Périderme sous-épidermique.* — Dans les genres *Cestrum*, *Iochroma*, *Habrothamnus*, d'après M. Vesque, le périderme est sous-épidermique ; M. Moeller donne le *Cestrum*

elegans et le *C. Pseudo-China*, comme exemples de cette formation; il en est de même dans le *Cestrum Parqui* (fig. 52) et le *Petunia nyctaginiflora*.

3° *Périderme profond.* — Le *Lycium barbarum* et le *Lycium chinense* (fig. 53) ont un périderme profond, dont l'assise génératrice (endoderme ou péricycle) ne présente aucun caractère spécial qui la distingue de l'écorce, non plus que du parenchyme conjonctif extérieur au liber. L'analogie ne peut nous guider dans cette détermination.

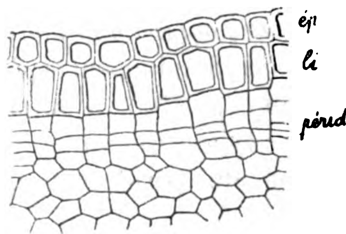


FIG. 52.

Fig. 52. *Cestrum Parqui.* — *ép.*, épiderme à parois épaisses et quelque peu lignifiées; *périd.*, périderme sous-épidermique. L'assise externe du liège a des parois subérifiées très épaisses.

La figure du *Lycium carolinianum* publiée par M. Moeller n'éclaire en rien la situation (Moeller, p. 179). Les autres Solanées ont le périderme soit épidermique, soit sous-jacent à l'épiderme.

LOGANIACÉES. — « Dans le *Buddleia globosa*, le périderme se forme sous les fibres libériennes primaires » (Vesque, p. 194). En réalité le périderme se forme sous les fibres péricycliques, comme cela arrive le plus fréquemment quand la tige possède un péricycle scléreux continu. Au sujet du *Strychnos*, M. Moeller (p. 161) s'exprime en ces termes : « Le périderme ne se forme que dans des entre-nœuds âgés de deux et même de trois ans, aux dépens d'une assise de l'écorce primaire située profondément ».

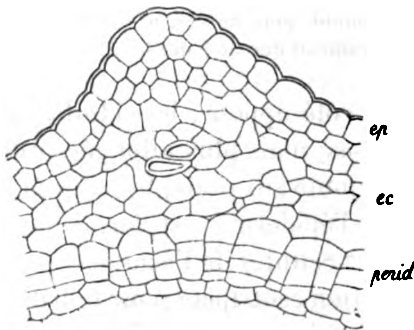


FIG. 53.

Fig. 53. *Lycium chinense.* — *ép.*, épiderme; *éc.*, écorce; *périd.*, périderme profond.

Apocynées. — Deux cas : 1° périderme épidermique; 2° périderme sous-épidermique.

1° *Périderme épidermique.* — « Parmi les Apocynées, les *Tabernæmontana amygdalifolia*, *Carissa Arduisii* et *Nerium Oleander*, développent le périderme primaire dans l'épiderme » (Vesque, p. 192). Ajoutons à ces exemples ceux de l'*Apocynum hypericifolium* et du *Strophantus dichotomus*. La formation du périderme épidermique du *Nerium Oleander* (fig. 54) a été étudiée avec détail par M. Sanio.

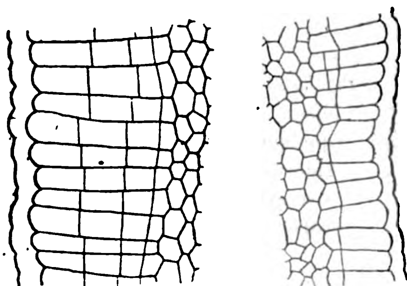


Fig. 54.

Fig. 54. *Nerium Oleander.* — Périderme épidermique plus développé du côté éclairé du rameau que de l'autre.

L'influence de la lumière sur le développement du périderme, qui est très précoce, se manifeste dans cette plante avec beaucoup de netteté (fig. 54). Dans un entre-nœud très jeune, on peut voir le liège avoir du côté éclairé une épaisseur double de celle qu'il a du côté opposé; les cellules sont non seulement plus nombreuses, mais plus allongées radialement.

J'ajoute aux exemples cités plus haut celui du *Vinca minor*, dont l'épiderme est formé de cellules aussi larges que les autres cellules de l'écorce et se cloisonne tangentiellement en direction centripète pour fournir un liège cubique.

Accroissement de l'écorce. — On voit nettement dans le *Vinca minor* l'écorce s'accroître en même temps que le cylindre central et ses cellules prendre des cloisons radiales, de telle sorte que, le diamètre de la plante augmentant avec celui du cylindre central, le liège se fend longitudinalement. Au-dessous des fentes, le phellogène a un cloisonnement plus rapide qu'ailleurs. Il en est de même dans le *Strophantus dichotomus*.

2° *Périderme sous-épidermique.* — « Chez les *Cerbera Manghas*, *Alyssia Forsteri*, *Allamanda verticillata*, *Beau-*

montia grandiflora, le périderme primaire se développe dans la rangée des cellules situées immédiatement au-dessous de l'épiderme » (Vesque, p. 192).

A ces exemples j'ajoute ceux de *Cerbera Haouai* (fig. 55) et du *Tanghinia venenosa* (fig. 56), qui ne présentent d'ailleurs aucune particularité intéressante.

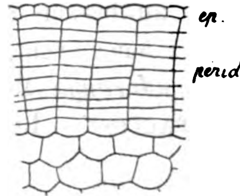


FIG. 55.

Fig. 55. *Cerbera Haouai.* — Périderme sous-épidermique.

Le *Cerbera Haouai* présente, sous un épiderme formé de petites cellules à parois minces, des cellules de liège tabulaires fort peu subérifiées, formées par une demi-douzaine de cloisons centripètes; le phelloderme comprend deux assises de cellules alternant avec les autres cellules de l'écorce. Dans le *Tanghinia venenosa*, la première assise de phelloderme est pourvue de cristaux rhomboïdaux.

La tige souterraine du *Vinca major* offre la même disposition que le *Cerbera ;* ce fait est d'autant plus remarquable que dans le *Vinca minor* le périderme est épidermique. Dans la première de ces deux plantes, l'épiderme a des cellules beaucoup plus petites que celles de l'assise sous-jacente, tandis que dans la seconde les cellules de l'épiderme sont aussi grandes que les autres. On manque de caractères spécifiques nets pour distinguer le *Vinca major* du *Vinca minor :* le *Vinca major* a le bord des feuilles cilié, tandis que le *Vinca minor* a le bord des feuilles lisse; à ce caractère peu important, nous pouvons joindre un caractère nouveau : *Vinca minor*, périderme épidermique; *Vinca major*, périderme sous-épidermique.

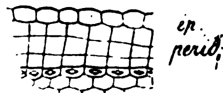


FIG. 56.

Fig. 56. *Tanghinia venenosa.* — Périderme sous-épidermique. Le phelloderme est pourvu de cristaux.

ASCLÉPIADÉES. — Deux cas sont à considérer : 1° périderme épidermique; 2° périderme sous-épidermique.

1° *Périderme épidermique.* — « Les *Periploca græca*, *Ascle-*

pias mexicana, etc., développent le suber dans l'épiderme » (Vesque, p. 192).

2° *Périderme sous-épidermique*. — « Les *Cynanchum monspeliacum*, *Hoya carnosa*, *Stephanotis floribunda*, *Marsdenia erecta*, développent leur périderme dans la rangée de cellules située au-dessous de l'épiderme » (Vesque, p. 192). Il faut ajouter à ces exemples ceux de l'*Hoya crassifolia*, du *Gonolobus Condurango* (Moeller, p. 171).

Oléacées. — Le *Forsythia viridissima*, d'après M. Vesque,

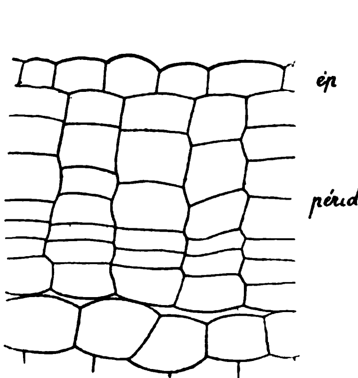


Fig. 57.

Fig. 57. *Syringa vulgaris*. — Périderme sous-épidermique.

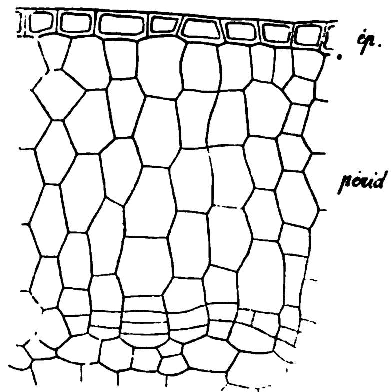


Fig. 58.

Fig. 58. *Chionanthus maritima*. — Périderme sous-épidermique.

a son périderme épidermique. Il en est de même d'après M. Moeller pour le Jasmin, tandis que dans toutes les autres Oléacées sans exception le périderme se forme aux dépens de l'assise externe des cellules de l'écorce.

D'après M. Sanio, le *Syringa vulgaris* (fig. 57), et d'après M. Moeller, l'*Olea europæa*, les *Phyllirœa media* et *angustifolia*, le *Ligustrum vulgare*, les *Fraxinus pubescens* et *Ornus* ont le périderme sous-épidermique; à ces exemples j'ajouterai ceux du *Chionanthus maritima* (fig. 58) et du *Phyllirœa latifolia*.

Gesnéracées. — 1° *Périderme épidermique*. — Dans le *Columnea Schiedeana*, le périderme est épidermique; il se

forme quatre ou cinq assises régulières de liège à parois minces pour une seule de phelloderme. Les cellules épidermiques, qui ont donné çà et là naissance à des poils, sont restées plus courtes vers l'intérieur que les cellules voisines, qui donnent du périderme. Les poils ont l'air d'être encastrés dans le liège quand il commence à se former, puis soulevés en dehors ultérieurement.

2° *Périderme sous-épidermique.* — Dans le *Crescentia Cujete*, d'après M. Moeller, le périderme se forme immédiatement sous l'épiderme.

D'après M. Vesque, le périderme du *Rhytidophyllum Plumierianum* est en dehors des fibres libériennes, mais en contact avec elles ; il y a donc lieu de savoir si cette formation appartient à l'écorce ou au cylindre central ; elle appartient au péricycle, par conséquent au cylindre central. Dans le *Rhytidophyllum Plumierianum* (fig. 59), l'écorce possède des cellules volumineuses parsemées çà et là de cellules épaissies et lignifiées ; son endoderme est formé de cellules plus plates que les autres et d'une dimension tangentielle bien supérieure à celles du péricycle. Les cellules du péricycle sont en général parenchymateuses et souvent entremêlées de fibres isolées ou par paquets plus ou moins distants de l'endoderme. Quand une fibre péricyclique touche l'endoderme, le liège se forme au-dessous d'elle ; mais partout où les fibres manquent, le périderme prend naissance exactement sous l'endoderme.

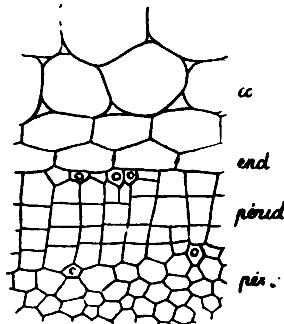


FIG. 59.

Fig. 59. *Rhytidophyllum Plumierianum.* — Formation du périderme sous l'endoderme plissé parmi les fibres péricycliques.

BIGNONIACÉES. — Dans le *Catalpa*, le périderme est sous-épidermique (Sanio). D'après Moeller, il en est de même dans le *Jacaranda mimosæfolia* et le *Bignonia pentandra*.

D'après M. Vesque, dans l'*Amphilophium Mutisii*, « les

premiers faisceaux libériens (dépourvus de liber mou) sont éliminés par un périderme local, dont les bords s'appuient de tous côtés sur l'épiderme, et le tissu subéreux est assez surabondant pour remplir le vide laissé par la chute des eschares ». Les faisceaux libériens dont parle là M. Vesque sont des fibres de sclérenchyme cortical et n'ont aucun rapport avec le liber.

« Le périderme se forme généralement aux dépens de l'assise externe des cellules de l'écorce primaire ; dans le *Tecoma*, aux dépens d'une assise plus profonde, extérieure pourtant à la zone des faisceaux libériens primaires; dans cette plante, l'épiderme est renforcé par un cercle de faisceaux de fibres scléreuses à la place de la couche habituelle de collenchyme » (Moeller).

Verbénacées. — D'après M. Vesque, le périderme des Verbénacées est sous-épidermique dans le *Vitex incisa*, *V. Agnus-castus*, *Ægiphila martiniensis*, *Spielmannia africana*, *Stachystaphylos mutabilis*, *Citharexylon Barba-Jovis*.

Suivant M. Moeller, c'est dans une assise plus profonde de l'écorce primaire, la deuxième ou la troisième dans le *Vitex Agnus-castus* et dans le *Citharexylon quadrangulare*. Dans le *Luhea speciosa*, d'après mes observations, le périderme est sous-épidermique.

ORDRE VI

GAMOPÉTALES INFÉROVARIÉES

Campanulacées. — Les tiges aériennes annuelles des Campanulacées manquent de périderme, mais les tiges souterraines vivaces en possèdent. Il est péricyclique dans le *Tupa ignescens* et le *Campanula alata*.

Rubiacées. — 1° *Périderme épidermique*. — « Le périderme se développe dans l'épiderme même, chez les *Sipanea carnea*, *Exostemma floribunda*, *Cephalanthus occidentalis* » (Vesque, p. 191).

2° *Périderme sous-épidermique.* — D'après M. Vesque, le périderme est sous-épidermique dans les *Pinckneya pubens*, *Rondeletia odorata*, *Burschellia capensis*, *Gardenia florida*, *Cinchona officinalis*, *Coprosma lucida* (?).

M. Moeller dit à propos de l'*Ixora acuminata* : « Dans les rameaux de deux ans épais de 3 millimètres, l'épiderme est presque complètement décollé et remplacé par trois ou quatre rangées de cellules à parois minces et à peu près carrées. » A propos du *Cinchona succirubra* : « De bonne heure, les premières cellules du périderme se forment aux dépens de l'assise de cellules situées immédiatement sous l'épiderme. » Il en est de même dans l'*Ixora javanica* (fig. 60). Toutefois de bonne heure on voit des cellules sous-jacentes prendre aussi des cloisonnements tangentiels et subérifier les assises externes provenues de ces cloisonnements.

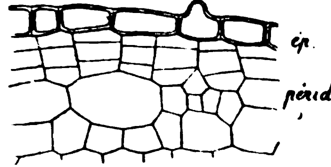


FIG. 60.

Fig. 60. *Ixora javanica.* — Début du périderme sous-épidermique.

Dans le *Rogiera cordata* (fig. 61), le périderme se forme dans la deuxième assise de l'écorce, l'assise sous-épidermique étant subérifiée; la quatrième assise de l'écorce se cloisonne même en certains points. Le périderme de cette plante présente cette particularité que la dernière assise de liège formée porte des plissements qui se colorent en vert par le vert d'iode.

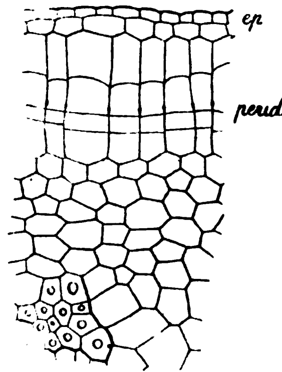


FIG. 61.

Fig. 61. *Rogiera cordata.* — Périderme avec assise plissée, né dans la deuxième assise de l'écorce.

3° *Périderme profond.* — D'après M. Vesque, le périderme se forme à une faible profondeur assez variable dans le *Pavetta indica*, à peu de distance des fibres libériennes dans le *Coffea*

arabica, au milieu dans l'*Ixora coccinea*. Il prend naissance immédiatement au contact des fibres ou à la limite du liber et de l'écorce primaire, dans les *Pæderia fœtida*, *Leptodermis lanceolata*, *Phyllis Nobula*, *Putoria calabrica*, *Bouvardia Jacquini*, *Serissa fœtida*. M. Morot, d'un autre côté, a constaté que le périderme du *Bouvardia flava* était péricyclique. Enfin, au sujet du *Coffea arabica*, M. Moeller s'exprime ainsi : « Dans les couches profondes de l'écorce primaire, dans la zone des faisceaux primaires et tantôt en dedans, tantôt en dehors de ceux-ci, le périderme se montre formé de cellules larges, tabulaires, à parois minces » (p. 134).

En examinant attentivement le *Coffea arabica*, on peut voir que l'endoderme est tantôt en contact immédiat avec les fibres péricycliques et tantôt laisse entre elles et lui une assise de cellules.

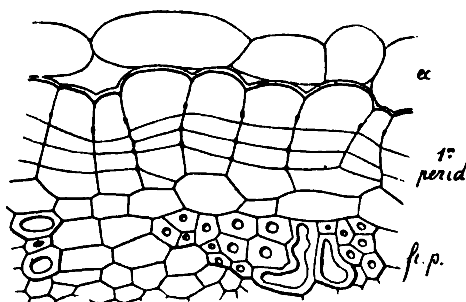


FIG. 62.

Fig. 62. *Coffea arabica*. — Premier périderme avec assise plissée, né dans l'endoderme par cloisonnement centrifuge.

Les premières cloisons du périderme se manifestent dans l'endoderme (fig. 62) et elles sont centrifuges. La troisième et dernière cloison formée détache vers le haut une cellule de liège qui porte avec elle les plissements qui appartenaient à l'endoderme. Les cellules du phelloderme ainsi formé laissent entre elles des méats quadrangulaires; l'assise génératrice, ayant cessé de se cloisonner, arrondit ses cellules et se détache de l'assise du liège externe qu'elle rejette, exfoliant ainsi toute l'écorce, y compris une partie des tissus qui dérivent de l'endoderme. Cela fait, elle sclérifie ses cellules, tandis que l'assise sous-jacente devient un second phellogène formant extérieurement une assise de liège et intérieurement deux ou trois de phelloderme (fig. 63).

Dans le *Serissa fœtida*, l'endoderme est aussi générateur de périderme; il allonge radialement ses cellules en digérant l'écorce qui est en dehors de lui pour fournir d'abord trois assises de phelloderme; mais l'écorce une fois digérée et l'épiderme tombé, du liège se forme rapidement par une demi-douzaine de cloisons centripètes. Dans le *Leptodermis lanceolata*, l'endoderme est générateur de périderme, avec phelloderme abondant au début pendant la destruction de l'écorce; le plissement endodermique se retrouve sur la première assise de liège formée. Ces mêmes plissements existent, mais plus difficiles à apercevoir dans le *Pavetta gracilis* et le *P. indica*, où le périderme a une origine corticale, mais loin de l'endoderme. Je n'ai pu voir les plissements, s'ils existent, dans le *Cephælis Beihiri*.

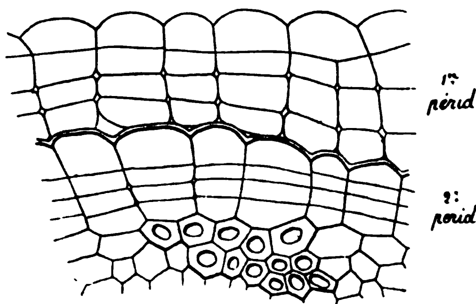


FIG. 63.

Fig. 63. *Coffea arabica.* — Deux péridermes successifs : le premier, endodermique; le second, péricyclique en dehors des fibres.

CAPRIFOLIACÉES. — D'après M. Sanio, le phellogène du *Viburnum Lantana* est épidermique; il en est de même pour le *V. capense* et le *V. Tinus*.

« Le lieu de formation du liège, dit M. Sanio, est constant pour chaque espèce, on pourrait dire pour chaque genre; quand ce n'est pas le cas, comme dans le *Viburnum*, on trouvera peut-être des raisons de nature morphologique pour justifier une division du genre. Je rappellerai à ce sujet la différence des bourgeons que l'on observe dans ce genre. » Nous avons vu une différence analogue dans les *Vinca*, sans que cela justifie la section du genre en deux.

De tous les *Viburnum*, seul le *Viburnum Opulus* a, d'après M. Sanio, son périderme sous-épidermique. Les *Sambucus nigra*, et *S. Ebulus* d'après M. Moeller, et le *Sambucus*

virescens, d'après mes observations, sont dans le même cas.

M. Morot a indiqué la formation péricyclique du périderme chez les *Lonicera*. M. Sanio (1) place le phellogène entre l'écorce primaire et l'écorce secondaire, ce qu'il faut traduire ainsi : le phellogène est l'assise de cellules péricycliques située immédiatement sous les fibres péricycliques en dehors du liber primaire. Il en est de même dans le *Symphoricarpos racemosa*, le *Diervilla japonica*, l'*Abelia rupestris*. Ainsi donc, dans toutes les plantes de la tribu des Locinérées que j'ai eues entre les mains, le périderme est péricyclique. Nous ne pouvons qu'adopter les conclusions de M. Vesque (p. 192). Dans la famille des Caprifoliacées, la position du périderme primaire correspond avec la division de la famille en deux tribus : les Lonicérées et les Sambucées. Telles sont aussi les conclusions de M. Moeller (p. 143).

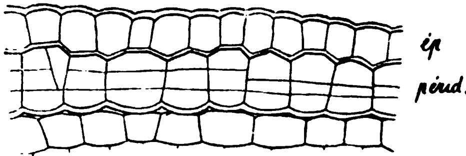


FIG. 64.

Fig. 64. *Knautia sylvatica.* — Périderme sous-épidermique.

VALÉRIANÉES. — Le *Centranthus ruber* est cité par M. Morot comme ayant un périderme péricyclique.

DIPSACÉES. — Deux cas : 1° périderme sous-épidermique; 2° périderme profond.

Dans le *Knautia sylvatica* (fig. 64), le périderme est sous-épidermique.

D'après M. Vesque, dans le *Dipsacus* et le *Cephalaria*, le périderme se forme entre le liber et l'écorce. Il s'agit probablement du péricycle.

COMPOSÉES. — Je n'ai observé que deux cas dans les Composées.

1° *Périderme épidermique.* — D'après mes observations,

(1) *Loc. cit.*

les *Artemisia mutellina*, *Gaillardia lutea* et *Barnadesia scandens*, ont un périderme épidermique.

2° *Périderme sous-épidermique.* — Le *Tarchonantus camphoratus* étudié par M. Moeller forme son périderme, dans les entre-nœuds les plus âgés du rameau d'un an, immédiatement sous l'épiderme. Il en est de même, d'après mes observations, dans le *Cosmophyllum cacaliæfolium*, le *Baccharis halimifolia*, l'*Achillea Verlotorum*, *A. Millefolium* (Costantin), le *Ptarmica pyrenaica*.

DEUXIÈME PARTIE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

I

MORPHOLOGIE DU PÉRIDERME

Nous avons passé en revue la formation du périderme dans la tige adulte des plantes appartenant à plus de soixante familles de Dicotylédones.

Il ressort de cette étude que l'on peut distinguer trois cas principaux dans l'origine du périderme, en négligeant les exemples peu nombreux où le périderme irrégulier se forme dans une assise quelconque de l'écorce.

Le cas de beaucoup le plus fréquent est celui où le périderme est sous-épidermique. Il se rencontre dans cinquante-deux familles. On l'observe à l'exclusion de tout autre dans vingt familles, dont neuf appartiennent aux Apétales : Urticacées, Platanées, Protéacées, Éléagnées, Thyméléacées, Cupulifères, Juglandées, Aristolochiacées, Bégoniacées; quatre aux Dialypétales supérovariées : Simarubacées, Anacardiacées, Pittosporées, Rhamnées; deux aux Dialypé-

tales inférovariées : Ombellifères, Araliacées; cinq aux Gamopétales supérovariées : Sapotacées, Ébénacées, Oléacées, Bignoniacées, Verbénacées.

Sur soixante familles, il n'y en a que huit où je n'aie pas observé de périderme sous-épidermique.

On observe dans vingt-deux familles des exemples de périderme épidermique; mais cette formation n'est l'apanage exclusif d'aucune. Tandis que vingt familles ont un périderme péricyclique, parmi lesquelles les Hypéricacées, les Œnothéracées, les Myrtacées, les Éricacées, chez qui l'on n'observe pas d'autre cas dans l'origine du périderme (1).

Il y a donc vingt-cinq familles où le périderme sous-épidermique peut être considéré comme un caractère anatomique et, si le genre *Salix* ne faisait exception, on pourrait dire que cette formation appartient aux Apétales à l'exclusion de toute autre formation.

Il existe quatre familles où le périderme a, dans tous les genres, une origine péricyclique. Ce sont les Hypéricacées, les Œnothéracées, les Myrtacées et les Éricacées; cela ne constitue pas un caractère anatomique positif et absolu, puisqu'on trouve ailleurs des exemples de périderme péricyclique, mais c'est suffisant pour nous permettre d'écarter de ces familles les plantes qui ont un périderme épidermique, sous-épidermique ou cortical.

L'étude du périderme péricyclique dans ces quatre familles nous montre que la position du phellogène est indépendante des conditions d'existence de la plante. Qu'il s'agisse d'une tige aérienne ou d'une tige souterraine, d'une plante vivant dans les lieux humides, à la lumière ou à l'ombre, dans tous les genres de ces quatre familles, le périderme se forme à la même place.

Dans un grand nombre d'arbres appartenant aux familles les plus diverses, le périderme est sous-épidermique, mais il

(1) Je n'oserais en dire autant des Loganiacées, des Campanulacées, des Combrétacées, des Renonculacées, dont je n'ai eu sous les yeux qu'un petit nombre de genres.

existe des Berbéridées, des Ternstrœmiacées, des Dilleniacées, des Hypéricacées, etc., qui sont arborescentes et dont le périderme est profond; dans un grand nombre de rhizomes le périderme est péricyclique, mais il existe aussi des tiges souterraines de Légumineuses, de Vitées, de Saxifragées, d'Ombellifères, de Solanées, etc., où il est superficiel; nous pouvons signaler certains phénomènes comme fréquents, mais non énoncer des lois.

D'après la position qu'occupe le périderme sur une tige souterraine ou aérienne, on peut distinguer quatre manières d'être.

1° PÉRIDERME SUPERFICIEL. — a. *Tige aérienne.* — Le liège est beaucoup plus développé que le phelloderme. Celui-ci fait même parfois complètement défaut ou ne comporte qu'une ou deux assises de cellules. Le liège a ses parois tangentielles fortement subérifiées; si elles sont nombreuses, elles sont minces; sinon, elles sont épaisses, quelquefois lignifiées et toujours plus dures, plus épaisses, plus nombreuses à la lumière qu'à l'ombre.

b. *Tige souterraine.* — Dans une tige souterraine, le liège est précoce, mais peu subérifié, jamais lignifié; ses cellules sont plus volumineuses et plus allongées; le phelloderme, peu abondant tant que l'écorce subsiste au-dessous de lui, est en cellulose pure sans modifications remarquables.

2° PÉRIDERME PROFOND. — a. *Tige aérienne.* — Le liège et le phelloderme sont également abondants. Le liège a des parois plus minces que dans le premier cas, régulièrement subérifiées, parfois plissées sans épaississements considérables. Le phelloderme s'accroît à mesure que l'écorce primaire se détruit.

b. *Tige souterraine.* — Le liège plus ou moins abondant conserve généralement ses membranes en cellulose pure, sauf dans les assises où les cloisons radiales sont plissées. Les cellules se dissocient souvent en arrondissant leurs angles quand par suite de la destruction de l'écorce le liège est devenu superficiel. Le phelloderme abondant et homogène n'offre rien d'intéressant.

De ces rapprochements il ressort que le liège est d'autant plus différencié qu'il est plus superficiel et plus éclairé, et d'une façon générale que le phelloderme est d'autant plus développé que son origine est plus profonde.

II

MODIFICATION DE L'ÉCORCE PENDANT LE DÉVELOPPEMENT DU PÉRIDERME

Le périderme est à la fois un tissu protecteur par son liège et un tissu de réserve par son phelloderme, il a donc les mêmes fonctions générales que l'épiderme et l'écorce réunis; mais, suivant que le développement du phelloderme est plus ou moins considérable, son rôle de tissu de réserve a une plus ou moins grande importance.

Dans un très grand nombre de plantes où le périderme est superficiel, soit épidermique, soit sous-épidermique, l'écorce persiste au-dessous de lui et s'accroît tangentiellement en cloisonnant radialement ses cellules. Dans ce cas, le phelloderme, dont la fonction équivaut à celle de l'écorce, ne se développe pas ou bien n'apparaît que tardivement à mesure que l'écorce sous-jacente vide ses cellules, qui fournissent des éléments nutritifs à sa croissance ainsi qu'à celle du cylindre central.

Au contraire, quand le périderme est profond, le cylindre s'accroît doublement par l'activité génératrice de deux assises de cellules, l'une libéroligneuse, le cambium, l'autre subéro-phellodermique, le phellogène. Dans ce cas, l'écorce n'accompagne point le cylindre central; au contraire, celui-ci grandit en se nourrissant des réserves qu'elle contient et le phelloderme acquiert plusieurs assises de cellules où s'accumulent de nouvelles substances mises en réserve. Bientôt l'écorce a disparu, il ne reste plus sous la cuticule de la plante, quand cette cuticule persiste, que des débris aplatis de cellules vides, et le cylindre central ancien, désormais seul, remplit tout l'espace

que la cuticule limite. Le diamètre extérieur de la tige n'a pas varié : le périderme, tissu secondaire, s'est seulement substitué à l'écorce, tissu primaire.

A ces deux cas extrêmes de périderme superficiel avec écorce conservée et de périderme profond avec écorce résorbée, il convient d'en ajouter deux autres : celui où le périderme est superficiel avec résorption de l'écorce et celui où le périderme est profond et où l'écorce ne se résorbe pas.

Dans ce dernier cas, que l'on rencontre surtout dans les rhizomes de Caryophyllées, de Rosacées, rien ne protège l'écorce des agents extérieurs et ses cellules plus ou moins dissociées meurent et se putréfient dans le sol, ne servant qu'indirectement à la nourriture de la plante.

1er cas. PÉRIDERME SUPERFICIEL. — *Écorce tardivement résorbée.* — Nous avons observé ce cas dans les *Banksia integrifolia*, *Thalictrum lucidum*, *Drimys glauca*, *Cinnamomum Kiamis*, *Laurus indica*, *Stachyurus præcox*, *Ruyschia Souroubea*, *Actinidia Kolomikta*, *Bonnetia anceps*, *Visnea Mocanera*, *Mesua pedunculata*, *Quiina tinifolia*, *Ochna atropurpureum*, *Dryobalanops Camphora*, *Brexia heterophylla*, *Cornus*, *Vinca*, *Strophantus*.

2e cas. PÉRIDERME SUPERFICIEL. — *Écorce rapidement résorbée.* — Nous avons observé ce phénomène dans les plantes suivantes : *Antiaris toxicaria*, *Calycanthus floridus*, *Chimonanthus grandiflorus*, *Sarcopetalum solanaceum*, *Theobroma Cacao*, *Cola cordifolia*, *Buttneria herbacea*, *Camellia*, *Thea*, *Laplacea*, *Citrus*, *Hymenæa Courbaril*, *Copaifera Langdolfii*, *Dalbergia stipulacea*, *Inga biglandulosa*, *Pterocarpus marsupium*, *Geoffræa inermis*, *Albizzia eburnea*, *Acacia longifolia*, *Indigofera tinctoria*, *Cercis Siliquastrum*, etc.

3e cas. PÉRIDERME PROFOND. — *Écorce résorbée.* — Ce fait se présente dans le *Fuchsia syringæfolia* et les Éricacées.

4e cas. PÉRIDERME PROFOND. — *Écorce exfoliée par les agents extérieurs.* — Exemples : *Asarum europæum*, Caryophyllées (sauf *Spergularia*), Œnothérées (tiges souterraines).

III

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LE DÉVELOPPEMENT DU LIÈGE

Examinons différentes coupes transversales de tiges aériennes de Dicotylédones : Saule, Drimys, Érable, Virgilier, Cotonéastre, Prunier, Jujubier, Cornouiller, Chrysophylle, etc., représentées dans les figures 2, 3, 5, 17, 18, 25, 26, 32, 46, 54. Nous pourrons constater le développement inégal du liège sur les deux faces d'un rameau dont l'une est éclairée vivement, tandis que l'autre est dans l'ombre. J'ai observé ce phénomène sur un grand nombre de plantes où le périderme est superficiel, soit épidermique, soit sous-épidermique, tandis que, dans les tiges aériennes où le périderme est profond, il acquiert la même épaisseur dans toute son étendue. De plus, j'ai constaté que les tiges qui poussent à l'abri de la lumière, sans être enterrées, sont dépourvues de périderme longtemps après que les tiges de même âge en possèdent plusieurs assises.

Dans les recherches d'anatomie physiologique, on s'efforce de ne faire varier qu'une cause à la fois quand on soumet une plante à des expériences, et quand on observe les effets dus à cette cause, on a soin que toutes choses soient égales d'ailleurs, notamment l'âge de la plante, son alimentation, ses rapports avec les objets extérieurs, son atmosphère, etc. Si nous examinons un rameau horizontal aérien, nous pouvons admettre que, de tous côtés, il est entouré de la même atmosphère, que tous ses points reçoivent les mêmes aliments, et que les seules causes qui puissent agir différemment sur les deux faces sont la pesanteur et la radiation. Si donc nous trouvons qu'en tous les points de la face supérieure l'épaisseur du liège est beaucoup plus considérable qu'aux points correspondants de la face inférieure, nous sommes portés à croire que, seules, la pesanteur et la lumière ont influé sur cette formation.

Si, au lieu d'observer un rameau horizontal, nous observons un rameau vertical, nous faisons disparaître l'une des deux causes en question, la pesanteur, et le développement plus considérable du liège du côté du midi que du côté du nord est dû à la seule influence de la lumière.

Quant à la pesanteur seule, elle n'a aucune influence sur le développement du liège d'un rameau horizontal. Si on coupe les rameaux qui, n'ayant jamais reçu la lumière directe du soleil, ont poussé à la lumière diffuse dans l'épaisseur d'un fourré, on constate que le liège a le même développement sur toute la périphérie, et cependant la pesanteur agit sur eux comme sur ceux qui sont vivement éclairés. La lumière est donc accélératrice du développement du liège.

Le résultat atteint est utile à la plante. Le liège est imperméable dans les tiges aériennes où il est toujours subérifié, très souvent même imprégné de lignine; il a donc pour effet de retarder l'évaporation de l'eau qui circule dans la plante ; cette évaporation serait certainement plus rapide du côté vivement éclairé que de l'autre, si un liège plus abondant de ce côté ne venait compenser le premier effet de la lumière.

La tige a un rôle conducteur dans la vie du végétal, et il importe que le tissu qui la revêt protège de l'évaporation les liquides qu'elle conduit.

Comment agit la lumière? La question est actuellement sans réponse. Toutefois, il est permis de croire que la lumière influe sur l'état hygrométrique des tissus. Le liège manque dans les plantes aquatiques et dans les rameaux des plantes aériennes qui se développent dans l'eau ; l'humidité retarde le développement du périderme; on est par suite porté à admettre que l'influence de la lumière est due à une diminution de l'état hygrométrique des tissus sur lesquels elle agit.

IV

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Nous avons établi quel était, dans les tiges des Dicotylédones, la position du périderme.

D'accord avec nos devanciers toutes les fois qu'il était question d'un périderme superficiel, nous nous sommes trouvé souvent en contradiction avec eux quand il s'agissait d'un périderme profond. Ce n'est que dans des cas exceptionnellement rares que l'endoderme se cloisonne pour fournir un périderme. On peut donc dire, d'une façon générale, que *si le périderme est profond, il prend naissance dans le péricycle.*

Le péricycle peut être simple ou composé, et dans ce cas homogène ou hétérogène. Le péricycle simple, formé d'une seule assise de cellules, est rare dans la tige et m'est inconnu comme générateur de périderme. Mais le plus souvent il possède plusieurs assises de cellules, et si les cellules ne sont ni lignifiées ni mélangées de fibres, c'est l'assise en contact avec l'endoderme qui allonge radialement ses cellules et prend des cloisons tangentielles.

Si le péricycle possède des fibres éparses, dont quelques-unes seulement sont en contact avec l'endoderme, le périderme se forme sous l'endoderme partout où les fibres manquent, plus profondément quand sa place est prise par des fibres (Œnothéracées, Myrtacées, Saxifragées, Gesnéracées).

Le cylindre central est parfois entouré d'un cercle continu de fibres péricycliques. Ce cercle est quelquefois séparé de l'endoderme par une assise de cellules (*Rubus*, Spiréées); le périderme prend alors naissance en dehors de lui. Le plus souvent ce cercle touche l'endoderme, et le périderme est alors plus profond; il est sous les fibres péricycliques, immédiatement en contact avec elles. Exemple : Éricacées.

Dans le péricycle, le périderme peut donc avoir trois positions : ou bien toucher l'endoderme, ou être mélangé aux fibres, ou naître sous les fibres. Dans tous ces cas, le péri-

derme est en dehors du liber, j'entends en dehors des tubes criblés les plus externes. Toutes les erreurs que l'on a commises au sujet du périderme profond tiennent au défaut de précision dans la connaissance du péricycle et de l'endoderme, et dans l'abus que l'on a fait du mot « liber ».

Il importe peu, d'ailleurs, que le périderme soit mélangé aux fibres ou sous les fibres. Dans la tige souterraine d'une plante, les fibres sont rares et le périderme est exactement sous l'endoderme, tandis que dans les tiges aériennes de la même plante, si la sclérose est précoce et que les fibres touchent l'endoderme, le périderme est plus profond.

Comme caractère anatomique, la position du périderme n'a qu'une valeur médiocre. Elle semble être un caractère de famille pour les Hypéricacées, Éricacées, Œnothéracées, Myrtacées, les Apétales (excepté le *Salix*). Elle est un caractère de tribu dans les Rosacées, un caractère de genre dans la majorité des cas, un caractère d'espèce dans les *Vinca*, les *Viburnum*, etc.

La forme des cellules du liège, leurs épaississements, leur subérification, leur lignification sont éminemment variables suivant le milieu où vit le rameau que l'on étudie. Ces caractères varient même d'un rameau à un autre de la même plante, d'une face à l'autre d'un même rameau; on ne peut fonder sur eux de diagnose anatomique.

Quoi qu'il en soit, si cette étude ne comporte pas des conclusions d'une haute portée, elle nous aura du moins appris, chemin faisant : que *le périderme est plus développé à la lumière qu'à l'ombre;* que *l'écorce ne disparait qu'en servant à nourrir les tissus plus profonds*, et que *les plissements disposés sur les parois radiales des cellules, jadis considérés comme caractéristiques de l'endoderme, peuvent appartenir à une formation secondaire.*

Ce travail a été fait au Laboratoire de Botanique (Organographie et Physiologie) du Muséum d'histoire naturelle, sous la direction de M. Ph. Van Tieghem, membre de l'Institut.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME

ORGANOGRAPHIE, ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE

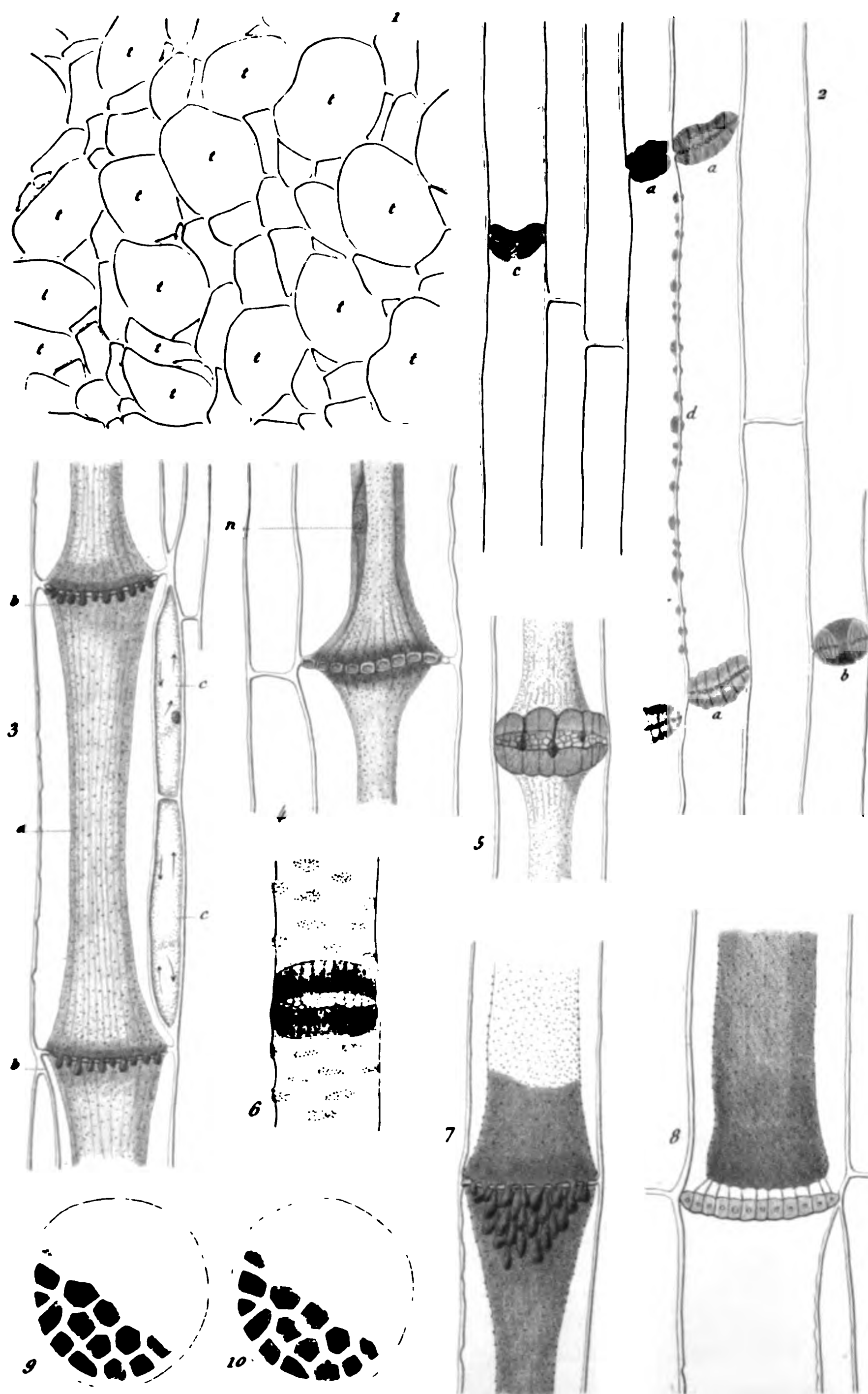
TABLE DES MATIÈRES

PAR NOMS D'AUTEURS

TABLE DES PLANCHES

CONTENUES DANS CE VOLUME

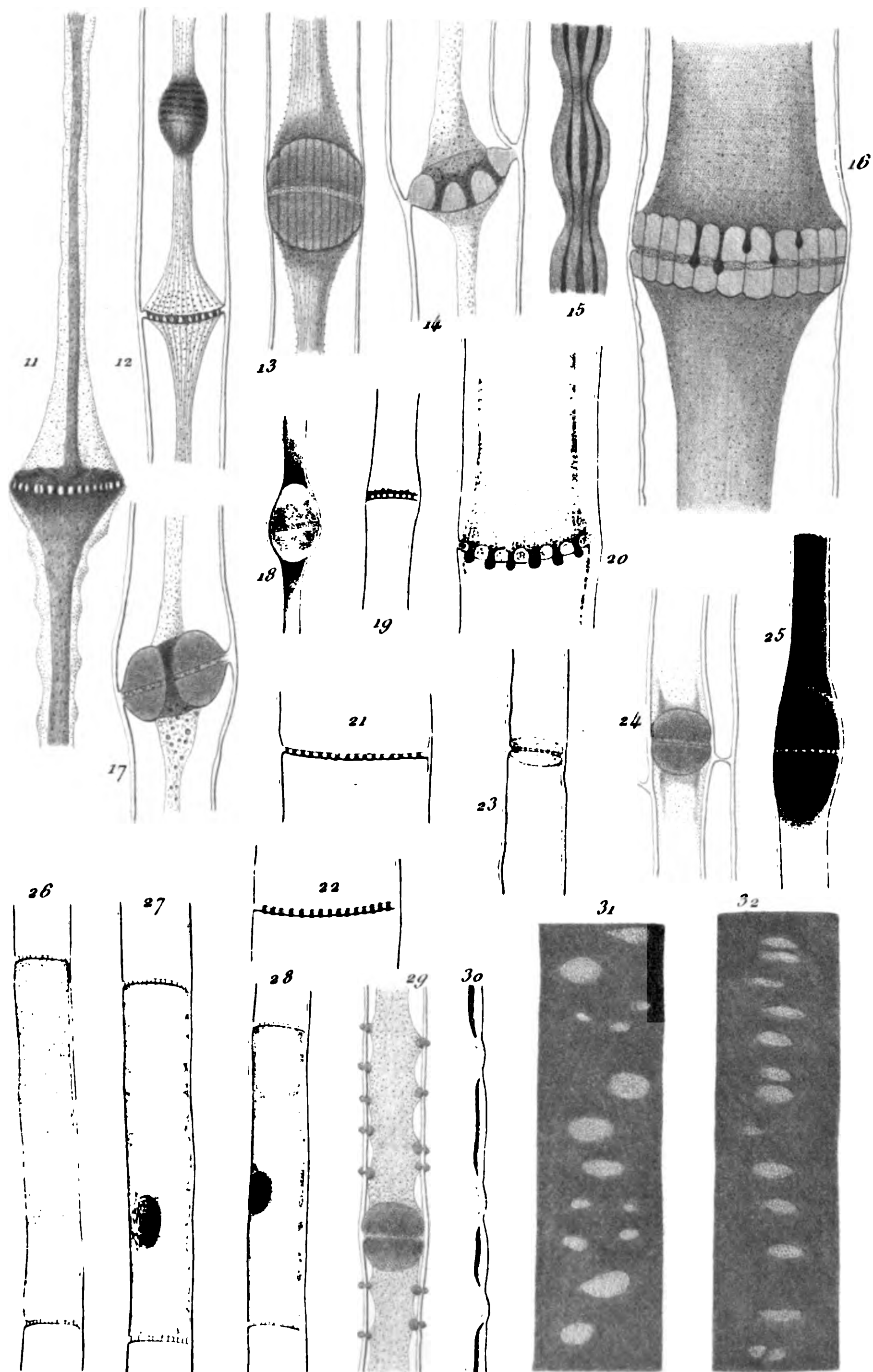
19067. — Imprimeries réunies, A, rue Mignon, 2, Paris.



H. Lecomte del. Bonnet sc.

Cucurbita (1-10).

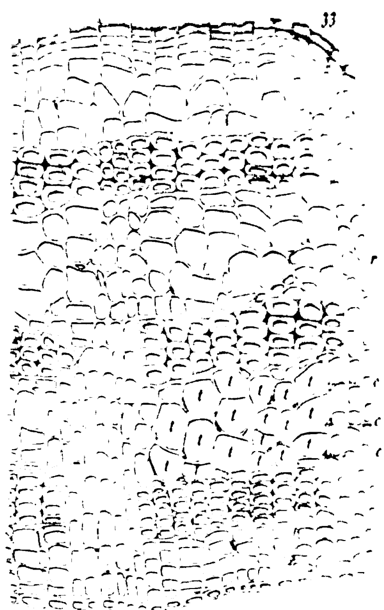
Imp. Lemercier et Cie Paris

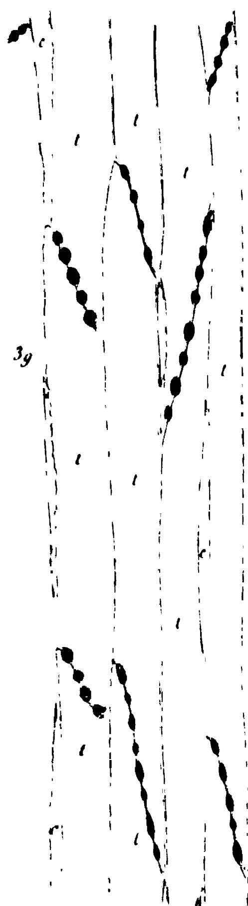


H Lecomte del. Bonnet sc

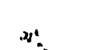
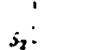
Cucurbita (11_32).

Imp. Lemercier et Cie Paris

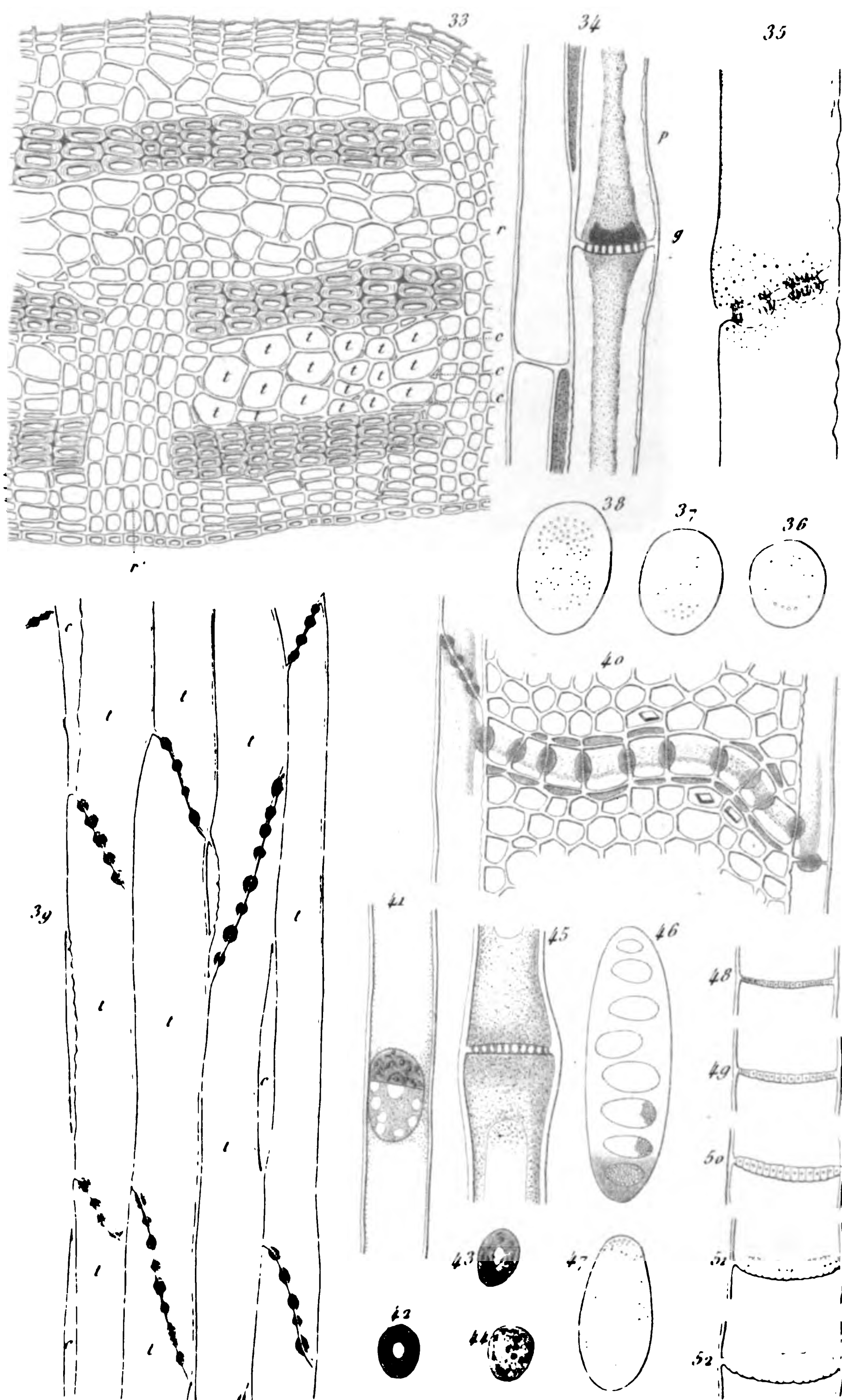






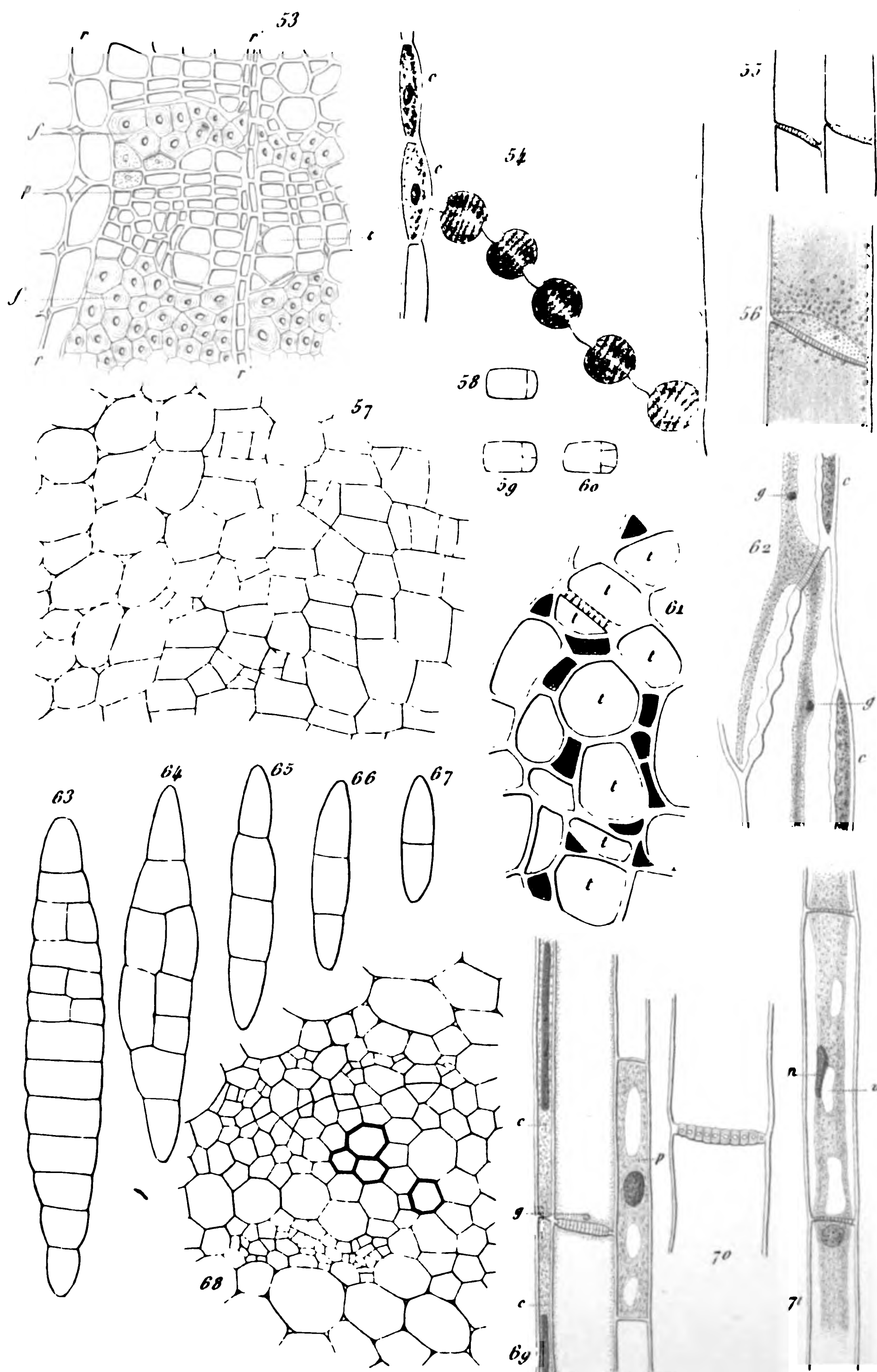
H. Lecomte del.



H. Lecomte del. Bonnet sc.

Vitis (33-46). _ *Carya* (47). _ *Rubus* (48 _ 52).

Imp. Lemercier et Cie Paris



H. Lecomte del. Bonnet sc.

Tilia (53-54). - Quercus (55). - Ricinus (56). - Lappa (57-60 et 71). - Impatiens (61). - Rubus (62-67). - Datura (68). - Convallaria (69-70).

